

#2
Attorney Docket: 381NP/50923
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: SHIZUKA YAMAGUCHI ET AL
Serial No.: To Be Assigned Group Art Unit: To Be Assigned
Filed: February 28, 2002 Examiner: To Be Assigned
Title: FUEL PUMP AND DIRECT FUEL INJECTION ENGINE



CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 2001-345505, filed in Japan, on November 12, 2001, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

Respectfully submitted,

Date: February 28, 2002


James F. McKeown
Registration No. 25,406

CROWELL & MORING, LLP
P.O. Box 14300
Washington, DC 20044-4300
Telephone No.: (202) 624-2500
Facsimile No.: (202) 628-8844

JFM/lw

CAM #: 56207.516

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

11046 U.S. PTO
10/084067
02/28/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年11月12日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-345505

出 願 人
Applicant(s):

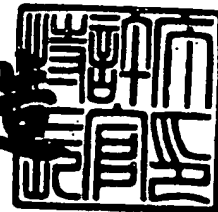
株式会社日立製作所

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年12月28日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3112147

【書類名】 特許願
【整理番号】 1101007711
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 F02M 49/00
【発明の名称】 燃料ポンプ及び筒内噴射エンジン
【請求項の数】 11

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
株式会社 日立製作所 日立研究所内

【氏名】 山口 静

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
株式会社 日立製作所 日立研究所内

【氏名】 馬場 昇

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
株式会社 日立製作所 日立研究所内

【氏名】 成澤 敏明

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字高場2520番地
株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内

【氏名】 寺門 一佳

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字高場2520番地
株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内

【氏名】 鍵山 新

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字高場2520番地
株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内

【氏名】 町村 英紀

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字高場 2 5 2 0 番地
株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内

【氏名】 山田 裕之

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字高場 2 5 2 0 番地
株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内

【氏名】 高橋 由起夫

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字高場 2 5 2 0 番地
株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内

【氏名】 小瀧 理好

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字高場 2 5 2 0 番地
株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内

【氏名】 小島 和夫

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 燃料ポンプ及び筒内噴射エンジン

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

自動車エンジンの燃料噴射弁に燃料を加圧して送給する燃料ポンプであって、互いに接触し上記燃料あるいは潤滑油を介して摺動する少なくとも一方の摺動面には、窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層の少なくとも一つからなる硬化層と上記硬化層の表面に硬化層より高い硬度の炭素系被膜を有することを特徴とする燃料ポンプ。

【請求項 2】

自動車エンジンの燃料噴射弁に燃料を加圧して送給する燃料ポンプであって、互いに接触し上記燃料あるいは潤滑油を介して摺動する一方の摺動面には、窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層の一つからなる硬化層を、上記一方の摺動面に対する他方の摺動面には窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層の少なくとも一つからなる硬化層を有し、上記一方の摺動面及び上記他方の摺動面は、それぞれの上記硬化層の表面に上記硬化層より高硬度の炭素系被膜を有することを特徴とする燃料ポンプ。

【請求項 3】

エンジンの駆動によって回転するシャフトと、上記シャフトの回転によって回転するカムと、上記カムの回転運動をリフタ介してシリンダ内を往復運動するプランジャとを備え、燃料を加圧して自動車エンジンの燃料噴射弁に送給する燃料ポンプにおいて、上記プランジャのシリンダとの互いに接触して摺動する少なくとも一方の摺動面に、窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層の少なくとも一つからなる硬化層と上記硬化層の表面に形成された硬化層より上記燃料に対する耐食性が高い炭素系被膜とを有することを特徴とする燃料ポンプ。

【請求項 4】

エンジンの駆動によって回転するシャフトと、上記シャフトの回転によって回転するカムと、上記カムの回転運動をリフタ介してシリンダ内を往復運動するプランジャとを備え、燃料を加圧して自動車エンジンの燃料噴射弁に送給する燃料

ポンプにおいて、上記カムと潤滑油を介して接触して摺動するリフタの摺動面に、窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層の少なくとも一つからなる硬化層と上記硬化層の表面に形成された硬化層より硬質の炭素系被膜とを有することを特徴とする燃料ポンプ。

【請求項 5】

外部からの回転を伝達するシャフトと、上記シャフトの回転を揺動運動に変換する斜板と、上記斜板の揺動運動を、スリッパを介してシリンダ内の往復運動に変換するプランジャとを備えた燃料ポンプにおいて、上記スリッパは鉄系焼結材からなり、その表面に酸化物層が形成されていることを特徴とする燃料ポンプ。

【請求項 6】

外部からの回転を伝達するシャフトと、上記シャフトの回転を揺動運動に変換する斜板と、上記斜板の揺動運動を、スリッパを介してシリンダ内の往復運動に変換するプランジャとを備えた燃料ポンプにおいて、上記スリッパは鉄系焼結材からなり、その表面に酸化物層が形成され、上記シリンダの内周面及び上記プランジャの外周面に窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層のいずれか少なくとも一つの硬化層が形成されていることを特徴とする燃料ポンプ。

【請求項 7】

外部からの回転を伝達するシャフトと、上記シャフトの回転を揺動運動に変換する斜板と、上記斜板の揺動運動を、スリッパを介してシリンダ内の往復運動に変換するプランジャとを備えた燃料ポンプにおいて、上記シリンダの内周面に窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層のいずれか少なくとも一つの硬化層と、上記プランジャの外周面に炭素膜又は金属化合物層とが形成されていることを特徴とする燃料ポンプ。

【請求項 8】

外部からの回転を伝達するシャフトと、上記シャフトの回転を揺動運動に変換する斜板と、上記斜板の揺動運動を、スリッパを介してシリンダ内の往復運動に変換するプランジャとを備えた燃料ポンプにおいて、上記スリッパは鉄系焼結材からなり、その表面に酸化物層が形成され、上記シリンダの内周面に窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層のいずれか少なくとも一つの硬化層と、上記プランジ

の外周面に炭素膜又は金属化合物層とが形成されていることを特徴とする燃料ポンプ。

【請求項 9】

自動車エンジンの燃料噴射弁に燃料を加圧して送給する燃料ポンプにおいて、互いに接触し潤滑油あるいは燃料を介して摺動する一方の部材の摺動面となる円筒内周面に窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層のいずれか少なくとも一つの硬化層と、他方の部材の摺動面となる外周面に炭素膜又は金属化合物層とを有し、上記他方の部材の端面と摺動する他の部材が鉄系焼結材からなり、その表面に酸化層が形成されていることを特徴とする燃料ポンプ。

【請求項 10】

シリンダと、上記シリンダ内を往復運動するピストンと、燃料を上記シリンダ内に直接噴射する燃料噴射手段と、上記燃料噴射手段に上記燃料を送給する燃料ポンプとを備えた筒内噴射式エンジンであって、上記燃料ポンプは請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の燃料ポンプからなることを特徴とする筒内噴射式エンジン。

【請求項 11】

請求項 10 において、上記燃料噴射手段は空燃比が 4.5 以上であるリーンバーン制御において上記燃料を噴射することを特徴とする筒内噴射式エンジン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関における燃料供給用の燃料ポンプ及び筒内噴射式エンジンに係わり、特に自動車エンジンの燃焼室に取り付けた燃料噴射弁から燃焼室に直接燃料を噴射する自動車の筒内噴射エンジン用燃料噴射装置の高圧ポンプに用いる燃料ポンプ及び筒内噴射式エンジンに関する。

【0002】

【従来の技術】

筒内直接燃料噴射装置では、一般に、気筒内の圧縮行程時にも直接ガソリンを噴射する必要があるために、内燃機関の気筒内に 3 M p a 以上の高圧でガソリンを供給できる高圧燃料ポンプが必要となる。

【0003】

高圧ポンプの型式の一つに、ラジアルプランジャ高圧燃料ポンプがある。この型式の高圧燃料ポンプは、例えば特開平10-318091号公報に記載されている。

【0004】

また、他の型式のポンプとして、シャフトでハウジング内を回転する斜板の回転運動を揺動板により揺動運動に変換し、この揺動板の揺動運動により往復動するプランジャによって流体を吸入し、加圧して高圧で吐出する方式の斜板アキシャルプランジャポンプがある。これに関連しては、例えば、特開平9-236080号公報がある。

【0005】

これらの構造の燃料ポンプにおいて、高圧を発生させる機構部の燃料室内では、往復動する単数、あるいは複数のピストンの運動により燃料の吸入がされ、吐出がされて、それにより燃料は高圧になる。したがって、燃料室の流体として存在するのは燃料のガソリンのみである。そのため、各機構部の摺動部で潤滑油として作用するのはガソリンになる。また、燃料室以外では、回転運動を往復動に変換させる各種機構部においては、高速（高周速）、高面圧での摺動は潤滑油になる。

【0006】

耐摩耗性摺動部材として、例えば燃料噴射ノズル装置の相手材と相対的に当接または摺動する部位にプラズマ窒化処理により窒化皮膜を形成し、その上にプラズマCVDによりTiCN皮膜を形成させた燃料噴射ノズル装置の耐摩耗性摺動部材が、特開平7-216548号公報に記載されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

以下、従来の技術の表面処理層を説明する。皮膜の形成法はプラズマCVD、その硬質皮膜材質はTiCN被膜と記されている。また、それらの表面処理層の厚さは、窒化皮膜では5～20 μ m、TiCN皮膜は2～10 μ mであり、したがって、表面処理層の厚さの範囲は最少で7 μ m、最大で30 μ mになる。プラ

ズマCVDでは、一般的に数Pa程度の圧力で皮膜が形成されるため、平均自由工程（気体中で粒子が衝突しないで飛行する距離）の関係から狭隘部への処理はPVDよりは優れるものの、困難である点は同様である。一方、皮膜に原料ガス成分の塩素が混入するため、その混入量が多くなると耐食性、耐摩耗性、硬さ等の特性が低下する課題がある。

【0008】

TiCN皮膜は、TiNとTiCを合わせた特性を持ち、各々の課題を補うものである。皮膜の硬さはHV2500～3000程度であるが、その摩擦係数（乾式）は一般的に0.6程度と高い。それに対して、炭素系被膜（DLC）は0.1以下と非常に低い値である。窒化皮膜の形成は、①TiCN被膜の表面粗さを細かくする。②TiCN皮膜の膜剥離を向上させるために、基材（母材）硬度を高める目的が記されている。しかしその厚さを5～20μm規定した理由については記述されていない。TiCN皮膜は、2μm以下においては耐摩耗性皮膜として効果は充分でなく、10μm以上ではTiCN皮膜の内部応力による悪影響が生じることが記されている。それに対して、炭素系被膜（DLC）は膜厚0.5～1.5μm程度においても優れた耐摩耗性が得られる。

【0009】

近年、内燃機関、特に自動車用ガソリンエンジンにおいては、燃料消費特性の向上、有害排気ガスの削減、加速性等の運転応答性を向上させる等の目的から筒内直接燃料噴射装置の適用が望まれている。

【0010】

これらの燃料ポンプにおいて、燃料室内のポンプ部（加圧部）においては、どうしても燃料（ガソリン）中での高面圧環境下での摺動になる。そのため、高面圧で接触して摺動するためにこれらの部分が摩耗で損耗する主な部分として考えられる。

【0011】

燃料室内のポンプ部における燃料（ガソリン）を昇圧するプランジャとシリンダ等の機構部においては、燃料中での摺動となる。摺動環境の潤滑油としてガソリンが用いられると、ガソリンは、通常の潤滑油に比べ粘度が極端に小さいため

、上記の摺動機構部においては互いの摺動面が摩耗し易いと考えられる。

【 0 0 1 2 】

また、燃料には、ガソリンにメチルアルコール、エチルアルコールを添加したもの、あるいは劣化したガソリン等も使用される場合がある。そのようなガソリンにおいては、水分の混入、酸成分の混入等により、酸化摩耗の環境になる場合がある。その場合は摺動機構部の接触部の摩耗に対する環境としては更に厳しくなり、摺動部の損耗量が多くなると考えられる

燃料室内の摺動機構部、すなわち、シリンダ内を往復運動するプランジャとの接触部が摩耗して損耗量が多くなると、吸入・吐出の効率低下などの可能性があり、信頼性の低下が考えられる。

【 0 0 1 3 】

一方、ラジアルプランジャポンプではエンジンの駆動力が伝達されて高速で回転運動する駆動カムと、その回転運動を往復動に変換するリフタは、潤滑油（エンジンオイル）供給が不十分な環境で摺動する。そのため低速域から高速域における互いの部材の耐焼付き性、及び耐摩耗性が求められる。

【 0 0 1 4 】

また、回転斜板式アキシャルプランジャポンプではシャフトの回転を往復運動に変換する斜板とスリッパは、エンジンからの回転が伝達されて低速域から高速域の領域において潤滑油（エンジンオイル）中で摺動する。潤滑油（エンジンオイル）中での摺動であっても、その摺動によっては材料に厳しい特性が要求される。すなわち、低速域から高速域における互いの部材の耐焼付き性、及び耐摩耗性が求められる。

【 0 0 1 5 】

すなわち、摺動機構部の斜板とスリッパ、あるいは駆動カム、リフタ等の異常摩耗、すなわち焼付きは燃料ポンプの稼動停止に至るという課題がある。

【 0 0 1 6 】

そのため、摺動機構部における各部品は、潤滑性の劣る燃料、あるいは酸化性成分が混入した燃料、更にはエンジンオイル等の潤滑油中での耐久性、特に耐摩耗性、耐食性が要求される。

【 0 0 1 7 】

なお、特開平 8 - 3 5 0 7 5 号公報には、イオン窒化層とその上に P V D 法により T i , Z r , H f , V , N b , T a 及び C r の少なくとも 1 種の窒化物、炭化物、炭窒化物からなる硬質層を形成させることが示されているが、主に、密着力と耐久性を向上する金型に適用することが開示されており、高温、高圧化での耐焼きつき性、耐摩耗性及び耐食性については検討されていない。

【 0 0 1 8 】

本発明の目的は、燃料室内の摺動機構部品が潤滑油（エンジンオイル）、あるいは、潤滑性の劣る燃料、更には酸化性成分が混入した燃料中での耐焼付き性、耐摩耗性及び耐食性に優れた燃料ポンプ又はそれを用いた筒内噴射エンジンを提供することにある。

【 0 0 1 9 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の一つの特徴は、自動車エンジンの燃料噴射弁に、燃料を加圧して供給する燃料ポンプにおいて、互いに接触して摺動する部材表面に耐食性と耐摩耗性とを有する被膜が形成されている燃料ポンプにある。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の他の特徴は、潤滑油中で互いに接触して摺動する部材は耐焼付き性、耐摩耗性及び耐食性に優れた耐摩耗材料として、燃料中で互いに接触して摺動する部材表面の内、荷重を受けて摺動する部材に鉄系焼結材でその表面に酸化皮膜、部材自身の表面硬さを高める表面処理、更に耐食性と耐摩耗性とを有する被膜が形成されている燃料ポンプにある。

【 0 0 2 1 】

また、本発明は、自動車エンジンの燃料噴射弁に燃料を加圧して送給する燃料ポンプにおいて、互いに接触し上記燃料あるいは潤滑油を介して摺動する少なくとも一方の摺動面に、窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層の一つからなる硬化層と上記硬化層の表面に硬化層より高硬度の炭素系被膜を有することを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

また、本発明は、自動車エンジンの燃料噴射弁に燃料を加圧して送給する燃料ポンプにおいて、互いに接触し上記燃料あるいは潤滑油を介して摺動する一方の摺動面に、窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層の一つからなる硬化層、対する他の一面には窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層の一つからなる硬化層と上記硬化層の表面に硬化層より高硬度の炭素系被膜を有することを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

また、本発明は、自動車エンジンの燃料噴射弁に燃料を加圧して送給する燃料ポンプにおいて、互いに接触し上記燃料あるいは潤滑油を介して摺動する互いの摺動面に、窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層の一つからなる硬化層と上記硬化層の表面に硬化層より高硬度の炭素系被膜を有することを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

また、本発明は、エンジンの駆動によって回転するシャフトと、上記シャフトの回転によって回転するカムと、上記カムの回転運動をリフタ介してシリンダ内を往復運動するプランジャとを備え、燃料を加圧して自動車エンジンの燃料噴射弁に送給する燃料ポンプにおいて、上記プランジャのシリンダとの互いに接触して摺動する少なくとも一方の摺動面に、窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層の一つからなる硬化層と上記硬化層の表面に形成された硬化層より上記燃料に対する耐食性が高い炭素系被膜とを有することを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

また、本発明は、エンジンの駆動によって回転するシャフトと、上記シャフトの回転によって回転するカムと、上記カムの回転運動をリフタ介してシリンダ内を往復運動するプランジャとを備え、燃料を加圧して自動車エンジンの燃料噴射弁に送給する燃料ポンプにおいて、上記カムと潤滑油を介して接触して摺動するリフタの摺動面に、窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層の一つからなる硬化層と上記硬化層の表面に形成された硬化層より硬質の炭素系被膜とを有することを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

また、本発明は、ハウジング内に、外部からの回転を伝達するシャフトと、上

記シャフトの回転を揺動運動に変換する斜板と、上記斜板の揺動運動を、スリッパを介してシリンダ内の往復運動に変換するプランジャとを備えた燃料ポンプにおいて、上記スリッパは鉄系焼結材からなり、その表面に酸化物層を有することを特徴とする燃料ポンプにある。

【 0 0 2 7 】

又、前述の燃料ポンプにおいて、上記プランジャの外周面とシリンダの内周面との互いに接触して摺動する互いの摺動面に、窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層のいずれかの硬化層を有すること、又、互いに接触し潤滑油あるいは燃料を介して摺動するシリンダの内周面に窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層のいずれかの硬化層、上記プランジャの外周面に耐食性が高く高硬度の炭素系被膜又は金属化合物層を有することを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

また、本発明は、自動車エンジンの燃料噴射弁に燃料を加圧して送給する燃料ポンプにおいて、互いに接触し潤滑油あるいは燃料を介して摺動する一方の部材の摺動面となる円筒内周面に窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層のいずれかの硬化層及び他方の部材の摺動面となる外周面に炭素系被膜又は金属化合物層を有し、上記他方の部材の端面と摺動する他の部材が鉄系焼結材からなり、その表面に酸化物層が形成されていることを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

また、本発明は、燃料を燃焼室に直接噴射する好ましくは空燃比が4.5以上であるリーンバーン制御噴射する燃料噴射手段と、上記燃料噴射手段に上記燃料を送給する燃料ポンプとを備えた筒内噴射式エンジンにおいて、上記燃料ポンプは前述のいずれかに記載の燃料ポンプからなることを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

また、本発明におけるスリッパ部材は鉄系焼結材の浸炭焼入れ、あるいは500～600℃でのスチーム処理により Fe_3O_4 を主とする酸化被膜が形成されているものがよい。鉄系焼結材は、重量で、C 0.2～0.8%、又はC 0.2～1.0%及びCu 1～5%、又は、C 0.2～0.8%、Cu 0.5～3%及びNi 1～8%を含むFe合金が好ましく、若干の空孔を有し、この空孔に潤滑油を含浸し

て潤滑性を高めることが出来るものである。

【0031】

また、本発明における斜板は鋳鉄、機械構造用合金鋼、合金工具鋼、あるいはマルテンサイト系ステンレス鋼の熱処理材、及びそれらの表面処理材であることが好ましい。

【0032】

また、本発明の硬化層は表面処理後に、表面処理温度と同等かそれより高い温度で加熱して脆弱な化合物を消失させる処理が好ましい。その拡散表面処理層は、窒化層、浸炭窒化層、軟窒化層、塩浴軟窒化層、浸炭焼入れ層、あるいはそれらを複層させた処理層に対して行われる。拡散表面処理層の窒化層には Fe_3N （白色化合物層）が生成されていないことがよい。シリンダの硬化層としての窒化層は、450℃以下の処理温度で形成されるものが好ましい。

【0033】

また、本発明の耐食・耐摩耗性被膜として、炭素系被膜又は金属化合物層が用いられ、後者には、炭化物、窒化物、炭窒化物から選ばれる金属化合物が用いられ、いずれもCVD又はイオンプレーティングによって形成する事が出来る。この炭素系被膜及び金属化合物層は高硬度で損耗が少なく、また化学的に安定物質であるため相手摺動材との反応性が低いことにより耐食・耐摩耗性が顕著に改善される。また、炭素系被膜は摩擦係数が小さい特徴があり、優れた摺動特性を示す。炭素系被膜として、ダイヤモンド状又はダイヤモンドライク被膜(DLC)、メタル含有ダイヤモンドライク被膜(Me-DLC)、WCとCの積層被膜(WC/C)／が好ましい。

【0034】

また、本発明における互いに接して摺動する摺動部材には機械構造用鋼、鋳鉄、工具鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼、合金鋼、及び軸受鋼を用いるのがよい。本発明におけるシリンダは、1つのブロックに単数、あるいは複数個(3個)の孔が設けられ、C0.25~0.5%（好ましくは0.3~0.45%）又は1~2%（好ましくは1.3~1.6%）、Cr5~13%（好ましくは6.5~8.5%）、Mo2%以下（好ましくは0.7~1.5%）、V1%以下（好ましくは

0.1~0.6%)を含む合金工具鋼、あるいはマルテンサイト系ステンレス鋼が好ましく、その硬化層としての窒化層は、350~500℃の処理温度で形成され、厚さ20~40 μ mの塩浴による処理が好ましい。又、プランジャは、C1~2% (好ましくは1.3~1.6%)、Cr10~113.5% (好ましくは11~13%)、Mo2%以下 (好ましくは0.7~1.5%)、V1%以下 (好ましくは0.1~0.6%)を含む合金工具鋼、あるいはマルテンサイト系ステンレス鋼が好ましく、その硬化層としての窒化層は、350~600℃の処理温度で形成され、厚さ70~130 μ mのイオン窒化による処理が好ましい。

【0035】

また、燃料ポンプ室内の摺動機構部品が、潤滑油（エンジンオイル）及び燃料（ガソリン）中で摺動するに際して、各摺動部品の摺動条件に適した材質、表面処理及びその組合せを最適に設定した。潤滑油（エンジンオイル）中での各摺動部品は、特に高摺動速度（高周速）域での耐焼付き性を考慮し、そのような特性が得られる組織を呈した材質仕様とした。

【0036】

また、燃料（ガソリン）中で摺動する各摺動部品は表面処理により耐摩耗性を高めた。

【0037】

その表面処理層として拡散表面処理層あるいは耐食・耐摩耗性硬質被膜を形成した。拡散表面処理層には、基材材質の特性を損なわない温度領域において、主に窒素を拡散させ、微細窒化物を析出させて硬さを高める窒化系として窒化層、浸炭窒化層、軟窒化層、塩浴軟窒化層がある。また、高温域で炭素を拡散させ、焼入れ熱処理によって高硬度を得る浸炭処理等が適用される。窒化系は窒化物生成元素が窒化物を形成することにより基材の硬さよりも高くなり、また凝着しにくい特性が得られ、基材の摩擦・摩耗に対する反応性が改善される。また窒化層は基材と連続した処理層であるため高面圧でも剥離しにくい特性がある。浸炭層は深い処理層が形成でき、高面圧を受ける際の耐荷重性が優れる。

【0038】

また、拡散表面処理層は、耐食・耐摩耗性の高硬度の炭素系被膜、あるいは金

属化合物層を形成する際の下地層として形成されることにより、基材硬さを高めて高面圧に対する耐荷重性が向上して硬質被膜の耐剥離性も改善される。

【 0 0 3 9 】

これらの構成により、摩擦抵抗が小さく、しかも一方の材料が他方の材料へ付着することや、凝着することがほとんど発生しない。したがって、初期摩耗、定常摩耗および焼付き等が防止される。これにより信頼性に優れた燃料ポンプが提供される。本発明の上記特徴及びその他の特徴は、以下で更に説明される。

【 0 0 4 0 】

【発明の実施の形態】

〔実施例 1〕

本実施例はラジアルプランジャ燃料ポンプ（1 筒式）に関するものである。エンジンの駆動力を伝達するシャフトと、上記シャフトの回転運動を揺動運動に変換する駆動カムと、上記駆動カムの回転運動、スリッパを介してシリンダ内の往復運動に変換するプランジャと、上記プランジャと組合わされて燃料を吸入吐出するシリンダボアを有するラジアルプランジャ燃料ポンプで、燃料によって潤滑されて摺動する前記機構部、及びポンプ部の部材の少なくとも一つ以上の表面に、窒化層、浸炭焼入れ層、あるいは浸炭焼入れ層の上に高硬度の炭素系被膜が形成されているものである。

【 0 0 4 1 】

図 1、図 2 に本実施例のラジアルプランジャ燃料ポンプの詳細を示す。図 1 は、垂直断面図であり、図 2 は、本実施形態を用いた燃料噴射システム構成を示す図である。

【 0 0 4 2 】

ポンプ本体 1 0 0 には、燃料吸入通路 1 1 0、吐出通路 1 1 1、加圧室 1 1 2 を備えている。燃料吸入通路 1 1 0 及び吐出通路 1 1 1 には、吸入弁 1 0 5、吐出弁 1 0 6 が設けられており、それぞればね 1 0 5 a、1 0 6 a にて一方向に保持され、燃料の流通方向を制限する逆止弁となっている。

【 0 0 4 3 】

ここで、加圧室 1 1 2 には、加圧部材であるプランジャ 1 0 2 が摺動可能に保

持されている。プランジャ102の下端に設けられたリフタ103は、ばね104によってカム200に圧接されている。プランジャ102は、エンジンカムシャフト等により回転されるカム200により、往復運動して加圧室112内の容積を変化させる。プランジャ102の圧縮工程中に吸入弁105が閉弁すると、加圧室112の内圧力が上昇し、これにより吐出弁106が自動的に開弁し、燃料をコモンレール153に圧送する。吸入弁105は、加圧室112の圧力が燃料導入口より低くなると自動的に開弁するが、閉弁に関しては、ソレノイド300の動作により決定される。

【0044】

ポンプ本体100には、ソレノイド300が取り付けられている。ソレノイド300には、係合部材301、ばね302が配されている。係合部材301は、ソレノイド300がOFF時は、ばね302によって、吸入弁105を開弁する方向に付勢力がかけられている。ばね302の付勢力は、吸入弁ばね105aの付勢力より大きくなっているため、ソレノイド300がOFF時は、図1のように、吸入弁105は開弁状態となっている。

【0045】

ポンプ本体100から高圧燃料を供給する場合には、ソレノイド300がON（通電）状態となり、燃料供給を停止する場合には、ソレノイド300がOFF（無通電）状態となるように、ソレノイド300への通電が制限される。

【0046】

ソレノイド300がON（通電）状態を保持した際は、ばね302の付勢力以上の電磁力を発生させ、係合部材301をソレノイド300側に引き寄せるため、係合部材301と吸入弁105は分離される。この状態であれば、吸入弁105はプランジャ102の往復運動に同期して開閉する自動弁となる。従って、圧縮工程中は、吸入弁105は閉塞し、加圧室112の容積減少分の燃料は、吐出弁106を押し開きコモンレール153へ圧送される。

【0047】

一方、ソレノイド300がOFF（無通電）を保持した際は、ばね302の付勢力により、係合部材301は吸入弁105に係合し、吸入弁105を開弁状態

に保持する。従って、圧縮工程時においても、加圧室112の圧力は燃料導入口部とほぼ同等の低圧状態を保つため、吐出弁106を開弁することができず、加圧室112の容積減少分の燃料は、吸入弁105を通り燃料導入口側へ戻される。

【0048】

また、圧縮工程の途中で、ソレノイド300をON状態とすれば、このときから、コモンレール153へ燃料圧送される。また、一度圧送が始まれば、加圧室112内の圧力は上昇するため、その後、ソレノイド300をOFF状態にしても、吸入弁105は閉塞状態を維持し、吸入工程は始まりと同期して自動開弁する。

【0049】

次に、図2を用いて、本実施形態を用いた燃料供給システムのシステム構成について説明する。

【0050】

タンク150内の燃料は、低圧ポンプ151によって、ポンプ本体100の燃料導入口に、プレッシャレギュレータ152にて一定の圧力に調圧されて、導かれている。その後、ポンプ本体100にて加圧され、燃料吐出口からコモンレール153に圧送される。コモンレール153には、インジェクタ154、リリーフ弁155、圧力センサ156が装着されている。インジェクタ154は、エンジンの気筒数にあわせて装着されており、エンジンコントロールユニット（ECU）の信号にて噴射する。また、リリーフ弁155は、コモンレール153内の圧力が所定値を超えた際開弁し、配管系の破損を防止する。

【0051】

このようなラジアルプランジャ燃料ポンプにおいて、燃料中で稼働し、摺動する部材で、耐食・耐摩耗性が要求される主なものとしては、ポンプ室の加圧部材であるプランジャとそれを往復摺動可能に支持する摺動孔を有するシリンダのシリンダボアがある。特に、プランジャとシリンダボアの径ギャップは、加圧室からの燃料漏れを最低限にするために10 μ m以下としている。そのため、摩耗による径ギャップの増大等によるポンプ性能の低下が生じる。

【 0 0 5 2 】

また、プランジャは燃料とオイルをシールする軸シールとの摺動部においても、耐食・耐摩耗性が要求される。この摺動部における摩耗は、オイルへ燃料が漏洩すると、オイルが希釈され、潤滑性能の低下、更に燃費の低下も生じるので、好ましくない。

【 0 0 5 3 】

そこで、プランジャ及びシリンダブロックの材料構成は以下の通りである。プランジャの外径とシリンダボアは初期的には線接触状態で摺動するため、高い面圧（ヘルツ応力）になる。そのため、材料としては高硬度であることが望ましい。シリンダブロックはプレス加工等により製品形状に加工できて生産性がよいマルテンサイト系ステンレス鋼の SUS 4 4 0 C, SUS 4 2 0 J 2 材を焼入・焼戻しをして用いられる。また、合金工具鋼（SKD 6 1, SKD 1 1 材等）、軸受け鋼を焼入・焼戻しをしても用いられる。

【 0 0 5 4 】

SUS 4 4 0 C, SUS 4 2 0 J 2 材は焼入・焼戻しにより基材の硬さが H v 5 0 0 ~ 7 0 0 になる。また、ステンレス鋼のため耐食性がよい。

【 0 0 5 5 】

プランジャの材料も同様である。しかし、シリンダブロックよりも高面圧になることから、更に高硬度にして耐摩耗性を得るため、表面処理が適用されて供される。

【 0 0 5 6 】

図 3 に本発明の表面構造を示す。表面構造は、基材に窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層拡散表面処理層を形成した後、その表面に耐食・耐摩耗性の高硬度の炭素系被膜を設けた複合表面処理層になっている。

【 0 0 5 7 】

図 3（a）は炭素系被膜と拡散表面処理層 I、図 3（b）は炭素系被膜と拡散表面処理層 I I から成っている。

【 0 0 5 8 】

拡散表面処理層 I は窒化系で、基材材質の特性を損なわない低温域処理におい

て、主に窒素を拡散させ、微細窒化物を析出させて硬さを高めるもので、窒化層、浸炭窒化層、軟窒化層、塩浴軟窒化層がある。表面硬さはHv1000以上の硬い表面層を容易に形成できるが、その処理層は比較的薄い。また、凝着しにくい特性が得られ、基材の摩擦・摩耗に対する反応性が改善される。

【0059】

拡散表面処理層IIは浸炭系で、高温域で炭素を拡散させ、焼入れ熱処理によって高硬度が得られる。拡散表面処理層Iより深い硬化層となり、高面圧を受ける際の耐荷重性に優れる。

【0060】

これらの拡散表面処理層は、基材と連続した処理層であるため高面圧でも剥離しにくい特性がある。また、基材の硬さを高めて耐食・耐摩耗性硬質被膜を形成することにより、高面圧に対する耐荷重性が向上するとともに、硬質被膜の耐剥離性も改善される効果がある。

【0061】

以上の目的特性を満足させるためには、耐食・耐摩耗性硬質被膜の下地となる拡散表面処理層Iの組織、表面形態が重要になる。すなわち、窒化層表面は硬質被膜の耐剥離性を損なう組織、形態でないことが必須である。

【0062】

イオン窒化法は、減圧容器（陽極）内に処理品を陰極側に配置し、窒素源ガス（ N_2 ）と希釈ガス（ H_2 ）を導入して直流の高電圧を印加して直流放電（グロー放電）を発生させ、直流プラズマでイオン化したNを内部に拡散させるものである。

【0063】

一般的なイオン窒化处理によれば、最表面部にはFe窒化物の白色化合物層と言われる脆弱なε相（ Fe_2N 、 Fe_3N ）が形成される。この脆弱な白色化合物層を除去する方法として、窒化处理と拡散処理も適用できる。その際に窒化層硬さも制御できる。

【0064】

図4は、本発明の実施例に用いた、窒化層硬さを制御する処理工程をグラフで

示した図である。この場合、処理工程の中の窒化処理はガス窒化法等の適用も可能である。しかし、表面層の化合物をガス組成により広範囲に制御できるイオン窒化法（プラズマ窒化法）がより適している。

【 0 0 6 5 】

処理工程 a は、窒化処理と拡散工程を連続して行うものである。イオン窒化処理法では、減圧容器が冷却されており、処理品温度を入力電力（放電電力）により任意に加熱保持できる。また、ガス組成を制御して窒化雰囲気、あるいは非窒化雰囲気（拡散）にできる特徴がある。

【 0 0 6 6 】

処理工程 b は窒化処理と拡散工程を不連続の工程で行うものである。窒化処理はイオン窒化法、拡散工程は真空熱処理炉により加熱保持した。その他に非酸化雰囲気中、例えば不活性ガスの N_2 、 Ar 等での雰囲気熱処理炉による処理も適用できる。

【 0 0 6 7 】

図 5 は一実施例のプランジャを構成する合金工具鋼 SKD 1 1 材の拡散表面処理層である窒化層硬さの分布状態をグラフで示した図である。窒化層の表面硬さは $Hv 1000$ 以上、硬化深さとして $Hv 500$ 以上で 0.1 mm 以上を目標にした。処理条件は温度； 530°C ，時間；8 時間，ガス組成； $N_2/H_2 = 1/3$ ，圧力； 400 Pa である。工具鋼 SKD 1 1 への窒化のままの硬さ分布を見ると、表面から $25\text{ }\mu\text{m}$ の位置で $Hv 1060$ を示し、表面から内部になるに従って漸次低下して基材硬さになっている。

【 0 0 6 8 】

この硬さの分布の処理品を拡散工程を用いて行った。イオン窒化処理で、温度； 550°C ，時間；2.5 時間，ガス組成； H_2 のみ，圧力； 400 Pa である。窒化処理後に拡散工程を行ったものの硬さ分布状態は、表面部で $Hv 1010$ の値を示した後、内部になるに従って漸次低下して基材硬さになっている。

【 0 0 6 9 】

その表面層の解析結果では、白色化合物の ϵ 相である Fe_2N 、 Fe_3N が消失していた。この結果により、窒化処理と拡散処理によれば、脆弱な ϵ 相の表面を

研削する必要がなく、且つ硬さが制御されて韌性のある窒化層が形成されている。

【0070】

この結果により、本発明法で適用した窒化処理と拡散処理によれば、硬さが制御されて韌性のある窒化層が形成されている。また、表面層の化合物も制御できる。これにより、高硬度な炭素系被膜を形成させるための拡散表面層を提供できた。

【0071】

図6に各種材料の耐食性を示す。水にエチルアルコール13.5 vol.% と全酸価0.13 mgKOH/g の酸イオン濃度の溶液における自然電位と孔食電位である。自然電位と孔食電位は共に高い方が耐食性に優れている。各種ステンレス鋼は、自然電位と孔食電位が高い領域にあり、耐食性が優れている。それに対して合金工具鋼SKD11及びその窒化材は低い領域にある。またステンレス鋼SUS440窒化材も低い領域にあり、窒化処理により耐食性が低下していることが分かる。

【0072】

本発明の燃料ポンプでは、燃料のガソリンにメチルアルコール、エチルアルコールを添加したもの、あるいは劣化したガソリン等の使用を想定した。そのようなガソリンにおいては、水分の混入、酸成分の混入等により、材料の酸化の影響を考慮する必要がある。すなわち、摺動機構部の接触部が酸化環境であると腐食・摩耗の現象を生じる可能性がある。その場合は摩耗に対する環境としては更に厳しくなり、摺動部の損耗量が多くなる課題が考えられる。

【0073】

そこで、本発明では、図3に示すように、最表面に耐食・耐摩耗性の高硬度の炭素系被膜を形成した。炭素系被膜はダイヤモンドライクカーボン(DLC)である。

【0074】

炭素系被膜のダイヤモンドライクカーボン(DLC)は、例えば高周波プラズマCVD法、イオン化蒸着法、アンバランスド・マグネトロンスパッタ法等があ

り、方式にはとらわれない。

【 0 0 7 5 】

このような方法により形成された炭素系被膜は、緻密で非金属的物性により、耐食性が優れる。図 6 で耐食性を見ると、自然電位と孔食電位が高い領域にあり、耐食性が優れている。また、TiN, TiAlN, CrN (基材 SKD11) は SUS304 以外の各種ステンレス鋼よりも自然電位と孔食電位が高い領域にあり、耐食性が優れている。このように、基材 SKD11 に比較して著しく耐食性が改善されていることが分かる。

【 0 0 7 6 】

また、炭素系被膜は、相手材料との間に生じる金属移着現象を抑え、凝着や焼付き現象を阻止する効果があり、摩擦抵抗が小さく、初期摩耗、定常摩耗および焼付き等が防止される。そのため、図 7, 図 8 に示した各種材料の比摩耗量に比較して小さな値を示した。また、耐食性が優れている。このことにより、腐食環境が厳しい燃料中における摺動部材としての稼働ができる。

【 0 0 7 7 】

そこで、プランジャ 102 を図 3 に示す表面構成とした。図 9 に実施例 1 における一部詳細を示す。燃料のガソリンは、吸入弁 105 から供給されて加圧室 112 に導入される。加圧室 112 で加圧されることにより、シリンダ 108 の内径部の摺動孔 108a とプランジャ 102 が摺動する際の径ギャップから外部へ流出する。その流出をシール 120 でシールすることにより漏洩を最小に抑えている。

【 0 0 7 8 】

このようなシリンダとプランジャ、プランジャとシールの摺動により摩耗が生じる。そこで、シール 120 とプランジャ 102 (弾性体、例えばゴム) の摩耗、プランジャ 102 とシリンダ摺動孔 108a との摩耗に対処するために、プランジャ 102 に拡散表面処理層と耐食・耐摩耗性を有する高硬度の炭素系被膜の表面処理層 102a が形成されているものである。

【 0 0 7 9 】

本実施例では、プランジャ 102 の表面処理層 102a は、図 3(a) の耐食・

耐摩耗性硬質被膜と拡散表面処理層 I を形成した。基材は合金工具鋼 S K D 1 1 とし、拡散表面処理層 I は図 5 に示す窒化層を $100\mu\text{m}$ 形成した。その表面に DLC を膜厚 $1.5\mu\text{m}$ 形成した。

【 0 0 8 0 】

本実施形態において、プランジャ 1 0 2 の外周部には、カム 2 0 0 を潤滑するためのオイルポンプ内に流入することを防止するとともに、ポンプ内の燃料が外部に流出することを防止するため、弾性体で製作されたシール 1 2 0 が設けられている。本実施形態では、シール 1 2 0 は金属管 1 2 0 a と一体成形されており、ポンプ本体 1 0 0 に圧入嵌合されているが、固定方法について限定するものではない。

【 0 0 8 1 】

また、加圧室 1 1 2 は、プランジャ 1 0 2 を往復摺動可能に支持する摺動孔を有するシリンダ 1 0 8 にて形成されている。シリンダ 1 0 8 の内径部は、プランジャ 1 0 2 との径ギャップを、加圧室からの燃料漏れを最低限とするため、 $10\mu\text{m}$ 以下としている摺動孔 1 0 8 a と、加圧室を形成する拡張内壁 1 0 8 b からなっている。

【 0 0 8 2 】

また、シリンダ 1 0 8 の外周部には、摺動孔 1 0 8 a に連通している縦通路 1 0 9 が設けられており、この縦通路 1 0 9 は、横通路 1 1 0 b にて燃料導入口 1 1 0 a に通じる燃料吸入通路 1 1 0 に連通している。この横通路 1 1 0 b の入り口には、燃料吸入通路 1 1 0 側から縦通路 1 0 9 側への流通方向を規制する逆止弁 4 0 0 が設けられている。

【 0 0 8 3 】

これにより、加圧工程時に加圧室 1 1 2 から摺動孔 1 0 8 a とプランジャ 1 0 2 とのギャップを通ってくる燃料は、低圧部である燃料吸入通路 1 1 0 側に流れることができるため、シール 1 2 0 の燃料室側の圧力は燃料吸入通路 1 1 0 と同等となり、シール 1 2 0 の剛性を大幅に増加する必要なしに、燃料の外部漏れを抑えることができる。

【 0 0 8 4 】

また、上述のように、プランジャ摺動部ギャップからの加圧室 1 1 2 の燃料の流出を最小限に抑えられるため、通常運転時には、ポンプの吐出効率を向上することができる。

【 0 0 8 5 】

本実施例において、燃料中で稼働し、摺動する部材で、耐食・耐摩耗性が要求される主なものとしては、燃料吸入通路 1 1 0 及び吐出通路 1 1 1 に設けられている吸入弁 1 0 5、吐出弁 1 0 6、及び加圧室 1 1 2 の加圧部材であるプランジャ 1 0 2 とそれを往復摺動可能に支持する摺動孔を有するシリンダ 1 0 8 がある。

【 0 0 8 6 】

特に、プランジャ 1 0 2 とシリンダ 1 0 8 の径ギャップは、加圧室からの燃料漏れを最低限にするために $10\mu\text{m}$ 以下としている。そのため、焼付きによる固着、あるいは異常摩耗による径ギャップの増大等によるポンプ性能の低下が生じる。

【 0 0 8 7 】

次に、本実施例における他の摩耗部への適用を示す。図 1 0 は吸入弁 1 0 5、図 1 1 は吐出弁 1 0 6 の一部詳細を示す。

【 0 0 8 8 】

図 1 0 の吸入弁 1 0 5 部においては、燃料は燃料吸入通路 1 1 0 から供給され、プランジャロッド 1 4 0 が往復運動した際にボール 1 4 2 と吸入弁 1 0 5 との間隙から加圧室 1 1 2 に吸入される。その際に摩耗が課題になる部位としては、A : ボール 1 4 2 と吸入弁 1 0 5 との接触部、B : 吸入弁 1 0 5 とチェック弁ガイド 1 4 3 の摺動部、C : プランジャガイド 1 4 1 と吸入弁 1 0 5 のシート部、D : プランジャロッド 1 4 0 の支持部がある。

【 0 0 8 9 】

図 1 1 の吐出弁 1 0 6 部においては、燃料は加圧室 1 1 2 で加圧されて吐出弁 1 0 6 が開閉して吐出される。その際に摩耗が課題になる部位としては、E : チェック弁シート 1 0 7 と吐出弁 1 0 6 との接触部、F : 吐出弁 1 0 6 とチェック弁ホルダ 1 3 0 の接触がある。

【0090】

このような各部位の摩耗に対処するために、それぞれの部品に拡散表面処理層と耐食・耐摩耗性を有するの高硬度の炭素系被膜の表面処理層を形成した。本実施例では、図10では吸入弁105に、図11ではチェック弁シート107に、表面処理層105b、107aを、図3(a)の耐食・耐摩耗性硬質被膜と拡散表面処理層Iを形成した。基材はステンレス鋼SUS420Jとし、拡散表面処理層Iは窒化層を50 μ m形成した。その表面にWC/Cを2 μ m形成した。

【0091】

燃料室内が以上の構成からなる、図1のラジアルプランジャポンプの実機耐久試験を行った。その結果、ポンプは異常なく稼働し、ガソリン吐出流量性能も安定した値が得られた。試験後、分解して燃料室内の各部品の検査結果、上記のいずれの部品においても異常摩耗の発生は認められず、定常摩耗状態であった。また、吸入弁105、吐出弁106において、摩耗部位の部品の損耗は少なかった。一方、無処理のものでは、プランジャ11外径面とシール17の摺動部において、摩耗による若干の減肉が見られた。

【0092】

以上の結果により、本発明法で構成したポンプでは、摺動部品間での凝着しにくく、耐摩耗性が改善された。耐食・摩耗性硬質被膜と拡散表面処理層で構成した表面処理層を形成したために高面圧でも剥離しにくく、耐食性に優れた特性がある。これらの特性によって過酷環境下における耐摩耗性が改善され、目的の燃料ポンプが可能になった。

【0093】

〔実施例2〕

図12は図1の一部拡大した詳細を示す断面図である。図1のラジアルプランジャ燃料ポンプにおいて、更に耐食、耐摩耗性の要求される摺動機構部を構成する際の他の実施例を説明する。図12はエンジンの駆動力が伝達されて回転する駆動カムと、その駆動カムの回転運動をプランジャへの往復動に変換させるリフタとの摺動部についての実施例である。

【0094】

この駆動カムとリフタ部は、エンジンオイルが噴霧状に供給される可能性があり、潤滑が十分ではない可能性がある。駆動カムはエンジン回転数と同じか $1/2$ 回転の高速で運動するため、リフタ面の相対すべり速度は $+30\text{ m/s} \sim -4\text{ m/s}$ 程度になる。また、駆動カムとリフタ部は 500 Mpa 以上の圧力で接触している。そのため、高周速、高面圧の条件で摺動する機構部であり、耐摩耗性が要求される。そこで、駆動カムとリフタ部の耐摩耗性を図るために、リフタの表面に窒化層を設け、その上に高硬度の炭素系被膜が形成されているものである。

【0095】

本実施例では、リフタ 103 の表面処理層 103a は、図 3 (a) の耐食・耐摩耗性硬質被膜と拡散表面処理層 I を形成した。基材は合金工具鋼 SKD11 とし、拡散表面処理層 I は図 5 に示す窒化層を $100\text{ }\mu\text{m}$ 形成した。その表面に DLC 被膜を膜厚 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ 形成した。駆動カムは鋳鉄を用いた。

【0096】

駆動カムとリフタ部が以上の構成からなる、図 1 のラジアルプランジャポンプの実機耐久試験を行った。その結果、ポンプは異常なく稼働し、ガソリン吐出流量性能も安定した値が得られた。試験後、分解して燃料室内の各部品の検査結果、上記のいずれの部品においても異常摩耗の発生は認められず、定常摩耗状態であった。また、駆動カム 200 とリフタ部 103 において、摩耗部位の部品の損耗は少なかった。一方、無処理のリフタ部 103 において、フレーキングが生じ、摩耗による減肉が見られた。

【0097】

以上の結果により、本発明法で構成したポンプでは、摺動部品間での凝着しにくく、耐摩耗性が改善された。耐食・摩耗性の高硬度の炭素系被膜と拡散表面処理層で構成した表面処理層を形成したために高周速、高面圧でも剥離しにくく、耐食性に優れた特性がある。これらの特性によって過酷環境下における耐摩耗性が改善され、目的の燃料ポンプが可能になった。

〔実施例 3〕

図 13 は斜板式アキシャルプランジャの燃料ポンプ (3 筒式) の例を示す断面

図である。ハウジング内に外部からの駆動を伝達するシャフト1と、シャフトを介して回転運動を揺動運動に変換する斜板9と、斜板の回転運動を、スリッパ10を介して往復運動へ変換させるプランジャ11と、プランジャ11と組合わされて燃料を吸入吐出するシリンダボア13を有する斜板式アキシャルプランジャ燃料ポンプである。潤滑油（エンジンオイル）によって潤滑される斜板9とスリッパ10の平滑面は高摺動速度（高周速）域での耐焼付き性、スリッパ10とプランジャ11の球面座部は線接触による高面圧摺動での耐摩耗性を考慮した材質仕様とした。スリッパ10は鉄系焼結部材に酸化層を有するもの、燃料（ガソリン）によって潤滑されるプランジャ11とシリンダボア13の円筒面摺動部の摺動面として、いずれもその表面に窒化層、浸炭窒化層、浸炭焼入れのいずれかの硬化層、又は、プランジャ11の外表面に窒化層、浸炭窒化層、浸炭焼入れのいずれかの硬化層、あるいは耐食・耐摩耗性を有する炭化物、窒化物及び炭窒化物のいずれかの被膜が形成されている。シリンダボア13の内周面には窒化層、浸炭窒化層、浸炭焼入れのいずれかの硬化層が形成されているものである。

【0098】

この燃料ポンプ構造は、従来の潤滑油と燃料を隔離するベローズが不要で、且つ駆動機構部の潤滑が十分なように、プランジャ11とシリンダボア13の摺動部端部にシール部材を設けたことにより、ガソリン中での摺動部材を少なくしたものである。

【0099】

図13に示すように、エンジンのカム軸から伝達される駆動力を伝えるカップリング2はカップリング2に嵌合したピン3で連結されたシャフト1を有している。シャフト1には、半径方向に広がり且つ端面部は斜めの平面を形成した斜板9とが一体になっている。斜板9にはスリッパ10が接触し、スリッパ10の斜板9側外周部にはオイルによる斜板9とスリッパ10との間の油膜形成を補助するテーパが設けられている。またスリッパ10のもう一方側は球面形状になっており、シリンダボア13内を摺動するプランジャ11に形成された球面に支持され、斜板9が回転することで発生する揺動運動は、プランジャ11の往復運動に変換される。

【 0 1 0 0 】

この構造のポンプにおいて、燃料の吸入・吐出は次のように行われる。複数のシリンダボア 1 3 とプランジャ 1 1 とによって、シリンダ 1 2 内にポンプ室 1 4 を形成している。このポンプ室 1 4 へ燃料を供給するように、シリンダ 1 2 の中央部に各プランジャ 1 1 へ連通する吸入空間 1 5 を設けている。この吸入空間 1 5 に燃料を導くため、リアボディ 2 0 にポンプ外部の燃料配管が取り付けられ、リアボディ 2 0 内の吸入通路を通り、リアボディ 2 0 の中央部の吸入室 3 0 を上記シリンダ 1 2 に設けた吸入空間 1 5 とが繋がるようになっている。

【 0 1 0 1 】

プランジャ 1 1 内には、燃料を吸入するための吸入バルブ 2 4 (チェックバルブ) がボール 2 1 とスプリング 2 2 及びスプリング 2 2 を支持するストッパ 2 3 で形成されている。プランジャスプリング 2 5 は、プランジャ 1 1 を常に上記斜板 9 側へ押し付け、スリッパ 1 0 と共にプランジャ 1 1 を斜板 9 に追従させる目的で挿入されている。

【 0 1 0 2 】

プランジャ 1 1 内の吸入バルブ 2 4 への連通路 A 1 6 は、シリンダボアに設けたザグリ 5 1 と吸入空間 1 5 との連通路として形成されている。ザグリ 5 1 はシリンダボア 1 3 径より大きい径であり、常にプランジャ 1 1 内に燃料を導入できるように、ポンプ室 1 4 が十分小さくなった時 (プランジャ位置が上死点の時) にも導入孔 1 9 とザグリ 5 1 とが連通する程度の深さまで形成されている。

【 0 1 0 3 】

図 1 4 は、吸入及び吐出行程を説明するプランジャ 1 1 の拡大図を示す。吸入行程 (ポンプ室 1 4 の空間が大きくなる方向にプランジャ 1 1 が移動する行程) において、プランジャ 1 1 内に設けたポンプ室 1 4 内の圧力が規定の圧力以下になった時点で、プランジャ 1 1 内に設けた上記吸入バルブ 2 4 は開口し、燃料をポンプ室 1 4 に吸い込む構造になっている。また上記吸入行程間にポンプ室 1 4 に吸入された燃料は、吐出行程 (ポンプ室 1 4 の空間が小さくなる方向にプランジャ 1 1 が移動する行程) に移ると、吸入バルブ 2 4 と同様にポンプ室 1 4 が規定の圧力に達した時点で、ボール 2 6 とスプリングで構成された吐出バルブ 2 8

が開口し、燃料をポンプ室 1 4 から上記リアボディ 2 0 に設けた吐出室 2 9 に送り出す構造になっている。ここでリアボディ 2 0 に設けた吸入室 3 0 と吐出室 2 9 はリング 3 1 で分割され、吸入室 3 0 を吐出室 2 9 より中央側に設けて、ポンプ自身の通路構成をコンパクトにしている。

【 0 1 0 4 】

ポンプ室の燃料圧力により発生する荷重は、プランジャ 1 1 及びスリッパ 1 0 を介して上記シャフト 1 の斜板 9 へ伝達される。つまり斜板 9 へは複数あるプランジャ 1 1 の荷重分の合力が作用する。この合力は、軸方向の荷重と斜板角分のラジアル荷重として作用する。これらの荷重を支持しスムーズな回転を達成するために、シャフト 1 にはラジアル軸受 7 及びスラスト軸受 8 が嵌合し、その荷重をボディ 5 で支持する構造としている。

【 0 1 0 5 】

これらの荷重を支持する部分（スリッパ 1 0 / 斜板面 9, スリッパ 1 0 / プランジャ球面及び軸受部）は、回転による相対速度と荷重を支持する部分であり、オイル潤滑とすることで、摺動摩擦を低減できる。このためにはボディ 5 とシリンダ 1 2 の間に形成される斜板室 3 8 にオイルを貯留させる構造が必要になる。

【 0 1 0 6 】

本実施例では、プランジャ 1 1 の往復運動時に燃料とオイルをシールするシール 1 7 をシリンダ 1 2 に設けている。この往復摺動するシール 1 7 は、プランジャ 1 1 とシリンダボア 1 3 との隙間をシールしており、このシール 1 7 が燃料とオイルのシール部材となる。なお本実施例ではシール 1 7 へ作用する圧力は、シール 1 7 とポンプ室 1 4 の間に連通路 1 6 が存在するため、常に低圧の上記吸入圧となり、シール 1 7 には高圧室の圧力が付加されない構造となっている。このことによりシール 1 7 の耐久性及び信頼性を高めている。

【 0 1 0 7 】

図 1 5 は、オイル循環経路及び循環方法について説明するエンジン部の斜視図である。軸中心にオイル経路 3 4 を設けたエンジンカム 6 のカップリング嵌合部 3 3 に、軸シール 3 5 とカップリング 2 を貫通したシャフト 1 を嵌着し、シャフト 1 の中心に設けた斜板室 3 8 との連通路 4 を通じてエンジンからオイルを導入

する構造とした。上記軸シール35はオイルを完全にはシールせず、エンジン側より斜板室38への必要最低限の流量を確保する程度とした。これにより、軸シール35を介して駆動軸にエンジンカム6とシャフト1との芯ずれによる偏芯荷重を極力抑えることができ、ラジアル軸受7の耐久性を向上させている。また斜板室38に流入するオイルを必要最低限とすることにより、斜板室38の温度上昇を抑制しつつ、上記シール17より斜板室38へ漏洩する燃料によって希釈されたオイルの置換を達成している。また、シャフト1の中心よりオイルを導入することにより、エンジン側に新規にオイル通路を設定することなく目的を達成しているため、エンジンとの適合性及びエンジンの小型化を達成している。

【0108】

本実施例では、シャフト中心に設けた連通路4よりオイルを導入しているが、オイル導入路はエンジンの油圧源とポンプの斜板室38とを連通するように設ける。次に、エンジンから斜板室38に供給されたオイルをエンジンに戻すための通路について説明する。この通路は斜板室38よりエンジンカム室39への戻り通路36によって構成している。この戻り通路36はポンプのボディ5に設けたエンジンとの取り付けフランジ面37よりカップリング2側に設けた。これによりエンジン側に特別な通路を設けることなく斜板室38内のオイルをエンジンに戻すことができる。戻り通路36により、斜板室38から流出するオイル量が流入するオイル量を下回らないようにし、斜板室38内の圧力が上昇しないように配設することによりシール17の信頼性を高めている。斜板室38内の圧力が上昇せず、常に燃料の吸入圧より低くなることにより、オイルが燃料側に漏れるのを防止している。

【0109】

以上の構成で、従来の斜板式アキシアルプランジャポンプと大きく異なっている点は、斜板が回転するため、斜板とスリッパは潤滑油中において高周速で摺動することになる。この斜板の回転運動がスリッパを介することで揺動運動に変換されてプランジャが往復運動する。この際、プランジャとシリンダボア間の摺動部にシール部材が設けられていて、潤滑油と燃料を隔離するようになっている。これによりガソリン中で摺動する構成部材の点数が少なくなっている。

【0110】

これらの摺動部材として、始めに、潤滑油（エンジンオイル）によって潤滑される斜板9とスリッパ10の平滑面の材料構成について説明する。

【0111】

エンジンからの駆動力がシャフトに伝達されて斜板は回転する。その回転数はエンジン回転数の $1/2$ であり、アイドルリングから高速域までの回転数になる。その際、斜板とスリッパの摺動速度は $0.3 \sim 5 \text{ m/s}$ となり、またその面圧は吐出圧力によって異なるが 8 MPa 程度になる。したがって、高周速で摺動することで、斜板とスリッパの焼付きを生ぜず、且つ定常摩耗量も少ない材料構成が要求される。そこで各種材料の特性を評価し、斜板とスリッパの材料構成を検討した。

【0112】

図16、図17は、斜板とスリッパの材料構成を耐焼付き性試験により検討した結果を示すグラフである。斜板用材料には駆動力伝達のシャフトとしての機能もあるため、曲げ、及び疲労強度も必要になる。そこで斜板用材料として、機械構造用鋼の肌焼き鋼ではSCM415等の浸炭焼入れ材、調質鋼のSCM435では窒化処理材、ステンレス鋼ではSUS403、SUS420J2の窒化材、鋳鉄ではオーステンパー処理により高強度、高靱性とした球状黒鉛鋳鉄(ADI)を供した。

【0113】

スリッパに要求される材料仕様は、耐摩耗、耐焼付き性、圧縮強度（球面側最大発生面圧以上）である。スリッパ用材料には、ステンレス鋼のSUS403窒化材、合金工具鋼のSKD11焼入材、アルミニウム合金ではAl-Si合金（A390）、銅系合金では、珪化物分散のアルミニウム青銅合金、高力黄銅合金、及び鉄系焼結材(SMF4種、引っ張り強さ $400 \sim 500 \text{ N/mm}^2$)の焼結材のまま、浸炭焼入れ材、酸化被膜形成材（ 550°C のスチーム中で酸化処理）を用いた。酸化被膜形成材は Fe_3O_4 を主とする被膜を有するものである。またSUS403窒化材及びSKD11窒化材を基材とし、イオンプレーティングによりTiN及びCrN被膜（膜厚 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ ）を形成したスリッパも供した。

【0114】

これらの斜板とスリッパの耐焼付き性の要素試験を、回転摺動摩耗により、行った。方式は回転円板（斜板）にスリッパを押し付けて、摺動運動させるものである。可動片は $\phi 100 \times 8\text{mm}$ 、固定片はスリッパである。荷重は、初期なじみの5min間は 0.98MPa とし、それ以後は2min経過毎に 0.98MPa 増加させ、 29.4MPa まで加えた。摩擦環境は潤滑油（エンジンオイル）を用いた。

【0115】

図16及び図17の耐焼付き性試験結果を見ると、スリッパ材料間の優劣、あるいは斜板材料との組合せの影響が現れている。SUS403窒化材スリッパ（ $Hv750$ ）の場合では、可動片が高硬度で同種材の組合せになるSUS403窒化材（ $Hv1100$ ）では焼付き面圧は 6.9MPa と低くなる。硬さが同程度のSCM435窒化材（ $Hv660$ ）では低速では 29.4MPa においても焼付きは生ぜず、高速でも 27.4MPa の値であり優れている。硬さが低いFCD500ADI材では低速では 29.4MPa においても焼付きはないが、高速では 9.8MPa で焼付いており、高速域では球状黒鉛の固体潤滑性や保油効果よりも基地の硬さの低いことが影響している。

【0116】

合金工具鋼のSKD11焼入れ材スリッパ（ $Hv613 \sim 697$ ）では、可動片がFCD500ADI材で低速の場合には 29.4MPa でも焼付きはない。しかし、高速になるとSCM415浸炭焼入れ材（ $Hv700$ ）あるいはFCD500高周波焼入れ材（ $Hv550 \sim 650$ ）のいずれでも、焼付き面圧は低い範囲にある。したがって、硬い基地に硬質炭化物が分散している組織のSKD11材は、高速摺動の耐焼付き性が劣ることが分かった。

【0117】

Al-Si合金スリッパでは、可動片の鋳鉄の熱処理に関わらず、全般的に優れた耐焼付き性を示した。このように、軟質材であるAl-Si合金は一様に分布した硬質の塊状の初晶Siや微細な共晶Siが相手材と接触し、軟らかい基地は凹形状になって油膜を維持できる組織の効果によって耐焼付き性が優れている。

【0118】

銅合金スリッパの焼付き面圧は、可動片がFCD500高周波焼入れ材（Hv550～650）の場合に、低速、高速共に29.4MPaにおいても焼付きは生じなく、優れた耐焼付き性を示す。この銅合金では自己潤滑性の六方晶の Mn_5Si_3 珪化物が相手材と接触し、軟らかい基地は凹形状になって油膜を維持できる組織効果がある。

【0119】

鉄系焼結材スリッパの浸炭焼入れ材、あるいは焼結のままの焼付き面圧は、低速、高速共に29.4MPaにおいても焼付きは生じなく、優れた耐焼付き性を示している。焼結材に存在する特有の空孔によって油保持効果が得られ耐摩耗、耐焼付き性に優れる特徴を呈している。

【0120】

酸化被膜形成材の焼付き面圧は、高速において僅かに低下している。これは、スチーム処理により焼結材特有の空孔が封孔されてしまうために、保油効果の減少により特に高速域での潤滑性の低下、及び酸化膜が破壊した際にそれが硬質の異物となって焼付きの起点になる可能性が考えられる。しかし、実機最大想定面圧以上の焼付き性は満足している。

【0121】

TiN及びCrN被膜を形成したスリッパの焼付き面圧は、窒化基材スリッパに比べて2～3倍向上し、その効果が顕著に現れている。これはTiNやCrNがHv2000～3000の超硬質であり、また化学的に安定であることから、摺動面において凝着を生じにくいことに起因している。なお、基材の窒化層は、基材の硬さを高めることにより摺動面に発生する高応力によるTiNやCrNの座屈を防ぐ作用がある。

【0122】

以上の結果により、スリッパ及び斜板用材料として、スリッパはSUS403窒化材、Al-Si合金、銅合金、鉄系焼結材、TiN、CrN被膜、斜板にはSCM435窒化、鋳鉄の組合せは、実機ポンプでの最大発生面圧（7.9MPa）

における耐焼付き性を満足することを見い出した。

【0123】

これらのスリッパ及び斜板用材料の組合わせにおいて実機ポンプでの摩耗試験を行った。台上エンジン試験により、実機ポンプにおいて種々の材料からなる斜板、スリッパを組み込み、耐摩耗性を評価した。試験条件は燃温：95℃、潤滑油油温：135℃、燃圧：7MPa、ポンプ回転数：400r/minで試験した。その結果、これらのスリッパ用材料と斜板との摺動による摩耗は殆どなく、ポンプとして課題にならない値（0～2μm）であった。

【0124】

次に、スリッパ10とプランジャ11の球面座部の耐摩耗性を評価した。その結果、スリッパ球面側はプランジャ（SKD11窒化）との摺動により摩耗が生じ、材料間に顕著な差が現れた。

【0125】

図18は、スリッパ用材料としてSUS403窒化材、Al-Si合金、鉄系焼結材（酸化膜形成）と斜板にFCD450ADIを組合せた実機ポンプでの摩耗試験結果で、スリッパ球面側の球面高さ変化（摩耗量）と耐久時間との関係を示す図である。各材料のスリッパ球面側の摩耗量と耐久時間との関係を見ると、材料間に顕著な差が出ている。すなわち、Al-Si合金の摩耗量は40～140μmで多く、鉄系焼結材、及びSUS403窒化材は少ない。Al-Si合金の球面側摩耗量が多い要因としては、球面側は硬質なSKD11窒化プランジャと線接触での摺動によるため、軟質なAl-Si合金に摩耗が生じる。その際、硬質の塊状の初晶Siや微細な共晶Si粒子が摩耗粉となり、アブレシブ摩耗が促進されてしまうことによると考えられる。このアブレシブ摩耗を少なくすることが重要になり、そのためは、スリッパ材質の硬さを高くすることである。図18の評価結果もそれを示すものである。

【0126】

スリッパ10とプランジャ11の球面座部の摺動における耐摩耗性への影響因子として、雰囲気温度、すなわち潤滑油であるエンジンオイルの温度がある。実機ポンプでのエンジンオイル保証温度は140℃である。しかし、安全率を考え

るとこれ以上の温度域においても耐摩耗性を維持することが必要である。そこで、台上エンジンでの実機ポンプの材料組合せにおいて耐摩耗性に優れていた鉄系焼結材（酸化被膜形成）、及びSUS403窒化材スリッパについて、エンジンオイル温度を変化させた際の耐摩耗性に及ぼす影響を、要素摩耗試験により評価した。

【0127】

試験は松原式摩耗試験機を用い、密閉容器内でスリッパを回転側治具、プランジャを固定治具に組み込み、固定治具に荷重を負荷した。雰囲気は窒素ガスとし、圧力は3.5MPaに制御した。試験条件は、スリッパ回転数：15及び60r/min、試験時間：120min、荷重：1.08kNとし、潤滑油温度を30～160℃に変化させた。

【0128】

図19は、鉄系焼結材（酸化被膜形成）及びSUS403窒化材スリッパと、SKD11窒化材プランジャの摩擦係数に及ぼすエンジンオイル温度の影響を示す。摩擦係数に及ぼすエンジンオイル温度の影響を見ると、SUS403窒化材スリッパではエンジンオイル温度が高くなるにつれて摩擦係数も高くなる傾向にある。それに対し、鉄系焼結材（酸化被膜形成）は温度が上昇しても摩擦係数の大きな変化はなく摩擦係数は0.1程度で一定である。

【0129】

図20は、本発明で用いた鉄系焼結材（酸化被膜形成）スリッパの一例の断面組織を示す。表面及び内部の空孔に接した基材表面に灰色をした酸化被膜が形成され、基材はパーライト組織を呈している。この鉄系焼結材（酸化被膜形成）は、スチーム処理による酸化膜の存在による摩擦力の低減、及び温度が上昇して摩擦面の油膜の減少を焼結材特有の空孔の保油効果により補う潤滑効果によると考えられる。一方、平滑面同士の摩擦面となるSUS403窒化材ではそのような潤滑効果がないため、摩擦力の増加を生じることになる。図に示すように、鉄系焼結材には、 $100\mu\text{m} \times 70\mu\text{m}$ の視野の中に5～20 μm 前後の大きさの空孔が5個存在していた。

【0130】

この結果から、鉄系統結材(酸化被膜形成)からなるスリッパは、SUS403窒化材からなるスリッパより高温域まで安定であることが分かった。したがって、スリッパ材質としては、実機ポンプの保証温度(140℃)より高温域まで耐摩耗性に優れている鉄系統結材(酸化被膜形成)スリッパが適当である。また鉄系統結材は量産性に優れ、廉価であることから、生産性の観点からも望ましいものである。

【0131】

一方、斜板の材料仕様としてはFCD450ADIが用いられる。他の斜板部材は機械構造用合金鋼の表面処理材、及びその表面処理材が適用できる。機械構造用合金鋼の表面処理材としては、例えばクロムモリブデン鋼SCM415の浸炭焼入れ、クロムモリブデン鋼SCM435の窒化等が用いられる。これにより、燃料ポンプとして要求される斜板9とスリッパ10との高周速摺動による耐焼付き性、スリッパ10とプランジャ11の球面座部の摺動における耐摩耗性を満足する材料仕様を見出した。

【0132】

次に、燃料中で稼働し、摺動する部材で、耐食・耐摩耗性が要求される主なものとしては、ポンプ室の加圧部材であるプランジャとそれを往復摺動可能に支持する摺動孔を有するシリンダのシリンダボアがある。特に、プランジャとシリンダボアの径ギャップは、加圧室からの燃料漏れを最低限にするために10μm以下としている。そのため、摩耗による径ギャップの増大等によるポンプ性能の低下が生じる。

【0133】

また、プランジャは燃料とオイルをシールする軸シールとの摺動部においても、耐食・耐摩耗性が要求される。この摺動部における摩耗は、オイルへ燃料が漏洩すると、オイルが希釈され、潤滑性能の低下、更に燃費の低下も生じるので、好ましくない。

【0134】

そこで、プランジャ及びシリンダブロックの材料構成は次の通りである。プランジャの外径とシリンダボアは初期的には線接触状態で摺動するため、高い面圧

(ヘルツ応力)になる。そのため、材料としては高硬度であることが望ましい。シリンダブロックはプレス加工等により製品形状に加工できて生産性がよいマルテンサイト系ステンレス鋼の SUS440C, SUS420J2 材を焼入・焼戻しをして用いられる。また、SKD61, SKD11 材等その他の合金工具鋼も焼入・焼戻しをしても用いられる。SUS440C, SUS420J2 材は焼入・焼戻しにより基材の硬さが Hv500~700 になる。また、ステンレス鋼のため耐食性がよい。

【0135】

しかし、プランジャ材質との組合せの種類によって摺動条件が過酷になるなどした場合によってはシリンダブロックの上記材質の基材硬さが不足により、プランジャとシリンダボアの間で異常摩耗を生じる可能性がある。そこで、上記材質の基材硬さより更に高硬度にして耐摩耗性を得るため、表面処理が適用されて供される。プランジャの材料も同様である。シリンダブロックよりも高面圧になることから、更に高硬度にして耐摩耗性を得るため、表面処理が適用されて供される。

【0136】

本実施例では、シリンダブロックのシリンダボア及びプランジャの表面構造は、基材に拡散表面処理層が形成されている。

【0137】

その表面処理としてイオン窒化は、シリンダボアを有しているその形状ため狭隙部にグロー放電が発生しない領域が生じることから、均一に窒化層を形成する目的には不適である。そこで、シリンダボアの拡散表面処理層の窒化層形成には塩浴による低温域窒化処理を適用した。

【0138】

すなわち、拡散表面処理層の窒化層形成において耐食性を低下させない窒化処理（以下、低温域窒化処理）を適用した。窒化温度を 450℃以下で行うことにより、基地の Cr が窒化物を形成することを抑制し、S 相が形成されるものである。その処理にはガスあるいは塩浴による処理法がある。しかし、この処理で形成される窒化層は窒化温度が低いことから処理深さは薄い。したがって高い負荷

(応力)がかかる摺動機構部には不適である。

【0139】

図21は、合金工具鋼(7%Cr-Mo-V鋼)のシリンダブロックを塩浴によって低温域窒化処理したシリンダボア部の硬さ分布を示す図である。処理条件は温度450℃で2時間である。表面から10 μ mの位置で約Hv1200の高い値を示し、全硬化深さは0.03mm程度の窒化層が形成されている。その表面には脆弱で白色化合物と言われるFe窒化物の ϵ 相は形成されていない。したがって、プランジャとの摺動に際しての耐摩耗性が確保される。

【0140】

その耐食性は、図6に記した。低温域窒化処理したSKD11, SUS420J2の自然電位、孔食電位はいずれも他の比較材、あるいは一般的な窒化処理材に比較して貴な電位であり、したがって耐食性が優れている。

【0141】

以上の構成からなる、図13の斜板式アキシャルプランジャポンプの実機耐久試験を行った。その結果、ポンプは異常なく稼働し、ガソリン吐出流量性能も安定した値が得られた。試験後、分解して燃料室内の各部品の検査結果、上記のいずれの部品においても異常摩耗の発生は認められず、定常摩耗状態であった。

【0142】

以上の結果により、本実施例の鋳鉄の斜板、鉄系焼結材(酸化被膜形成)のスリッパ、SKD11窒化プランジャ、低温域窒化合金工具鋼のシリンダで構成したポンプでは、摺動部品間での凝着しにくく、耐摩耗性が優れた特性がある。これらの特性によって過酷環境下における摺動耗性が改善され、目的の燃料ポンプが可能になった。

【0143】

〔実施例4〕

図22は図13の一部拡大した詳細を示す断面図である。図13の斜板式アキシャルプランジャ高圧燃料ポンプにおいて、更に耐食、耐摩耗性の要求され摺動機構部を構成する際の他の実施例を説明する。ガソリンはシリンダ12に設けられた吸入空間15、連通路A16、ザグリ51からプランジャ11内のへの連通

路 A 1 6, 導入孔 1 9, 吸入バルブ 2 4 の順で流入し、加圧される。その際、シリンダ 1 2 に設けられたシール 1 7 により、プランジャ 1 1 の往復運動時の燃料とオイルをシールする。このシール 1 7 (弾性体、例えばゴム) とプランジャ 1 1 の摩耗、プランジャ 1 1 とシリンダボア 1 3 との摩耗に対処するものである。耐食、耐摩耗性の要求され摺動機構部として、プランジャ 1 1 に最表面に耐食・耐摩耗性硬質被膜 1 1 a を形成した。耐食・耐摩耗性硬質被膜としては、低温域で緻密な被膜を高密着力で形成できる物理蒸着法のイオンプレーティング等が適用でき、例えばアークイオンプレーティング、ホローカソード方式、アーク放電方式、あるいはスパッタリング方式であってもよく、方式にはとらわれない。被膜は、炭化物では T i C, W C, S i C、窒化物では T i N, C r N, B N, T i A l N、炭窒化物では T i C N 等が、目的により選定されて形成される。

【 0 1 4 4 】

図 6 において耐食・耐摩耗性硬質被膜の耐食性を見ると、硬質被膜の自然電位、孔食電位は貴な電位であり、したがって耐食性が優れている。硬質被膜は、相手材料との間に生じる金属移着現象を抑え、凝着や焼付き現象を阻止する効果があり、摩擦抵抗が小さく、初期摩耗、定常摩耗および焼付き等が防止される。そのため、腐食摩耗の影響が少なかった。このことにより、腐食環境が厳しい燃料中における摺動部材としての稼働ができる。

【 0 1 4 5 】

本実施例では、プランジャ 1 1 の表面処理層 1 1 a は、耐食・耐摩耗性硬質被膜を形成した。基材は合金工具鋼 S K D 1 1 とし、その表面に C r N を 3 μ m 形成した。他の摺動部は実施例 1 と同様とした。この構成からなる、図 1 3 の斜板式アキシャルプランジャポンプの実機耐久試験を行った。その結果、ポンプは異常なく稼働し、ガソリン吐出流量性能も安定した値が得られた。試験後、分解して燃料室内の各部品の検査結果、上記のいずれの部品においても異常摩耗の発生は認められず、定常摩耗状態であった。一方、無処理のものでは、プランジャ 1 1 外径面とシール 1 7 の摺動部において、若干摩耗が生じていた。

【 0 1 4 6 】

以上の結果により、本実施例で構成したポンプでは、摺動部品間での凝着しに

く、耐摩耗性が改善された。耐食・摩耗性硬質被膜と拡散表面処理層で構成した表面処理層を形成したために高面圧でも剥離しにくく、耐食性に優れた特性がある。これらの特性によって過酷環境下における耐摩耗性が改善され、目的の燃料ポンプが可能になった。

【0147】

〔実施例5〕

図23は、実施例1～4の燃料ポンプを用いた本実施例の自動車用ガソリン筒内直接燃料噴射式内燃機関の断面図である。シリンダヘッド70に備えられている燃料噴射弁61は燃料ギャラリから供給された燃料を燃焼室74内に直接燃料を噴射するように、その先端部を開口している。本実施例では超リーンバーンにてガソリンを超微粒化して気筒内に直接燃料を燃料噴射弁61へ燃料を供給する高圧燃料ポンプを備えたエンジンで構成されている。

【0148】

点火プラグ63は吸気弁64と排気弁65の間に備わっており、吸気弁64が開いている間にフラットピストン68の動きにより吸気ポート66から吸入した吸気と噴射弁61から噴射された燃料の混合気に対して電気火花による点火で燃焼を開始させる。燃焼後のガスは排気弁65が開いている間にピストン68の動きにより排気弁65から排出される。

【0149】

燃料噴射弁61の噴射弁駆動信号端子71には燃料噴射弁駆動回路62が電氣的に接続されている。また、燃料噴射弁駆動回路62には燃料噴射弁駆動トリガ信号、および弁体の動作遅れを短縮するように燃料噴射弁を駆動するかしないかの信号を出力する電子制御ユニット（ECU）69が電氣的に接続されている。なお、電子制御ユニット69にはエンジンの各運転状態が入力され、その運転状態に応じた燃料噴射弁駆動トリガ信号を決定する。

【0150】

吸気ポート66からの空気量はアクセルに連動して動く2個所の電磁的手段Mによってコントロールされる。燃焼後の排気ガスは低酸素ストレージ型三元触媒72により炭化水素、一酸化炭素及びNO_xを除去し、更にリーンNO_x触媒

73によってNO_xが除去される。本実施例においては、燃料噴射弁61から燃料を粒径25 μ m以下、好ましくは15 μ m以下、より好ましくは10 μ m以下に気液超微粒化して筒内に噴射させるとともに空燃比50の超リーンバーンにて駆動させるものである。

【0151】

三元触媒72にはアルミナ担体にPt又はそれにCeを担持、NO_x触媒73にはアルミナ担体にPt又はそれにNa, Tiの酸化物を担持させたものが用いられる。

【0152】

燃料噴射弁61の全体構造は次の通りである。それはシリンダヘッド70に装着される。即ち、燃料噴射弁61は、ハウジングに固定され、コア、コイルASSY、アマチュア、スワラー弁装置を有し、この弁装置はハウジングの一端にかしめにより支持されている。また弁装置は、小径円筒部および大径円筒部を持つ段付中空円筒形の弁本体と、この弁本体内で中心孔先端に固着されて燃料噴射孔を有する弁座と、ソレノイド装置により弁座に離接して燃料噴射孔を開閉する弁体であるニードルバルブとを備えている。コイルASSYの下端面に接して上記ハウジングとコアを囲む空間で、燃料圧力印加側に配置された2個のOリングを有する。燃料噴射孔の直径は0.8mmである。

【0153】

次に動作について説明する。コイルに通電すると、アマチュア、コア、ハウジングで構成される磁気回路に磁束が発生し、アマチュアはコア側へ吸引動作し、アマチュアと一体構造であるニードルバルブが弁座から離れて間隙が形成されると、高圧の燃料は弁本体から弁座の噴射孔内に入ってその先端出口から前述の如く超微粒化して噴霧される。

【0154】

また、燃料噴射弁61はシリンダヘッド筒内に対し2~10mm突出している。

【0155】

特に、弁本体、弁座、ニードルバルブ及びスワラーはJIS規格SUS44Cの1% C, 16% Crフェライト系ステンレス鋼の冷間塑性加工後焼鈍し、最終

形状への切削加工によって製造したものである。噴射孔の直径は0.8mmであり、その内径の真円度は0.5 μ m以下である。

【0156】

燃料噴射弁61の先端部分へ以下の様に有機皮膜を形成する方法、及びその効果を以下説明する。本実施例は、燃料噴射孔とその周辺近傍に厚さ1.5～8nmの有機皮膜を設けたこと、或いは、燃料噴射孔表面に有機皮膜を設けた燃料噴射弁であって、上記噴射孔は燃料を粒径20 μ m以下に噴霧する口径を有すること、上記噴射孔の口径が0.3～0.8mmであること、上記噴射孔とその周辺近傍が重量で、C0.6～1.5%、Si1%以下、Mn1.5%以下及びCr15～20%を含むフェライト系ステンレス鋼からなることの1つ又は2つ以上の組合せによって得られる。

【0157】

そして、その有機皮膜は、ベース金属との共有結合によって結合されているものであり、その厚さは1.5～30nmが好ましく、より1.5～10nmが好ましく、最も1.5～7nmが好ましい。

【0158】

また、有機皮膜として、パーフルオロポリエーテル化合物、4弗化エチレンモノマー、珪素樹脂、ポリアミド樹脂等のグロー放電下での形成、テフロン樹脂、金属アルコキシドとフルオロアルキル基置換アルコキシドとの溶液によって得られる膜等が使用可能である。

【0159】

本実施例は、燃焼室内に吸気手段及び排気手段を有するシリンダヘッドと、上記シリンダヘッド内を往復運動するピストンと、上記燃焼室に燃料を噴射するように設置した燃料噴射手段と、上記燃料噴射手段から噴射した燃料に着火する点火手段とを備えた筒内噴射式エンジンにおいて、上記燃料ポンプ及び前述の燃料噴射弁を用いることができる。

【0160】

更に、本実施例は、燃焼室内に吸気手段及び排気手段を有するシリンダヘッドと、上記シリンダヘッド内を往復運動するピストンと、上記燃焼室に燃料を空燃

比45以上のリーンバーン制御噴射するように設置した燃料噴射手段と、上記燃料噴射手段から噴射した燃料に着火する点火手段とを備えた筒内噴射式エンジンにおいて、上記燃料噴射手段は上記燃料を噴霧する噴出孔とその周辺近傍の表面に有機皮膜が設けられていること及び前述の燃料ポンプを用いるものである。

【0161】

本実施例によれば、ガソリン燃焼によるデポジットがその直噴エンジンの燃料噴射弁の表面に付着が顕著に防止され、特に空燃比が45以上である超リーンバーン制御を可能にし、燃費のより高い自動車を得られる。

【0162】

【発明の効果】

本発明によれば、燃料ポンプにおいて燃料中での摺動部品、特にプランジャと材料構成の組合わせにより、摺動する各々の機構部品に耐焼付き性、耐摩耗性及び耐食性の被膜を形成したことにより、特に、焼付き、異常摩耗を防止することができるという顕著な効果が得られる。従って、信頼性の高い高圧燃料ポンプが提供され、特にリーンバーン燃焼による自動車エンジンの筒内直接噴射において顕著な効果が発揮されるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施例における燃料ポンプの一部断面図。

【図2】

本発明の一実施例における燃料噴射システム構成を示す図。

【図3】

本発明の一実施例における表面処理層の構成の説明図。

【図4】

本発明の一実施例における窒化層形成の処理工程を示すグラフ。

【図5】

本発明の一実施例における合金工具鋼の窒化層硬さ分布を示すグラフ。

【図6】

本発明の一実施例における各種表面処理材の耐食性を示す図。

【図 7】

各種表面処理材の摩耗試験結果を示すグラフ。

【図 8】

各種表面処理材の摩耗試験結果を示すグラフ。

【図 9】

実施例 1 に係る図 1 のプランジャの表面処理層を示す一部拡大図。

【図 1 0】

実施例 1 に係る図 1 の吸入弁の表面処理層を示す一部拡大図。

【図 1 1】

実施例 1 に係る図 1 の吐出弁の表面処理層を示す一部拡大図。

【図 1 2】

実施例 2 に係る図 1 の駆動カムとリフタの表面処理層を示す一部拡大図。

【図 1 3】

本発明に係る燃料ポンプの二実施例を示す断面図。

【図 1 4】

本発明に係る燃料ポンプの二実施例を示す行程図。

【図 1 5】

エンジンオイルの循環経路を示す斜視図。

【図 1 6】

各種斜板材とスリッパ材の耐焼付け性試験結果を示すグラフ。

【図 1 7】

各種斜板材とスリッパ材の耐焼付け性試験結果を示すグラフ。

【図 1 8】

摩耗試験によるスリッパ球面側の摩耗量を示す図。

【図 1 9】

スリッパとプランジャ摺動時の摩擦係数とエンジンオイル温度との関係を示す線図。

【図 2 0】

本実施例で用いたスリッパの断面を示す顕微鏡写真。

【図 21】

本発明に係る合金工具鋼の窒化層硬さ分布を示すグラフ。

【図 22】

実施例 4 に係る図 10 のプランジャの表面処理層を示す部分拡大図。

【図 23】

本発明の実施例に係る直噴ガソリンエンジンの構成図。

【符号の説明】

1…シャフト、2…カップリング、3…ピン、4…連通路 C、5…ボディ、6
…エンジンカム、7…ラジアル軸受、8…スラスト軸受、9…斜板、10, 245
…スリッパ、11, 102, 231…プランジャ、12, 108, 250, 108
…シリンダ、13…シリンダボア、14…ポンプ室、15…吸入空間、16…連
通路 A、17…シール、18…空間、19…導入孔、20…リアボディ、21,
26…ボール、22, 27, 256…スプリング、23…ストッパ、24…吸入
バルブ、25…プランジャスプリング、28…吐出バルブ、29…吐出室、30
…吸入室、31…Oリング、33…カップリング嵌合部、34…オイル経路、
35…軸シール、36…オイル戻り通路、37…フランジ面、38…斜板室、
39…エンジンカム室、40…プレッシャレギュレータ (P/Reg)、41…
ボールバルブ、42…連通路 B、43, 101…吸入通路、44…オイル導入路
、45…絞り、46…戻り通路、50…孔、51…ザグリ、61…燃料噴射弁、
62…燃料噴射弁駆動回路、63…点火プラグ、64…吸気弁、65…排気弁、
66…吸気ポート、67…排気ポート、68…ピストン、69…電子制御ユニッ
ト、70…シリンダヘッド、71…噴射弁駆動信号端子、72…三元触媒、73
…NOx触媒、74…燃焼室、100…ポンプ本体、103…リフタ、104,
105a, 302…ばね、105, 510…吸入弁、106, 106a…吐出弁
、108a…摺動孔、108b…拡張内壁、109…縦通路、110…燃料吸入
通路、110a…燃料導入口、110b…横通路、111…吐出通路、112…
加圧室、120…シール、120a…金属管、150…タンク、151…低圧ボ
ンプ、152…プレッシャレギュレータ、153…コモンレール、154…イン
ジェクタ、155…リリーフ弁、156…圧力センサ、200…カム、300…

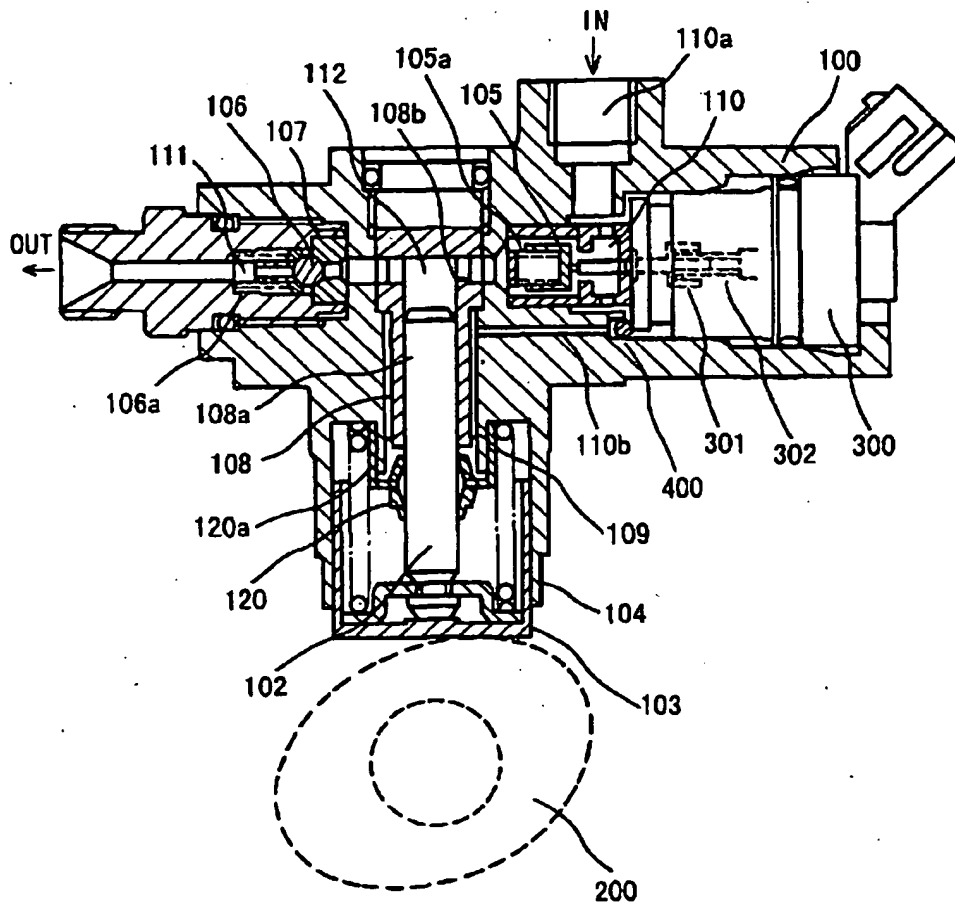
特 2 0 0 1 - 3 4 5 5 0 5

ソレノイド、3 0 1 …係合部材、4 0 0 …逆止弁。

【書類名】 図面

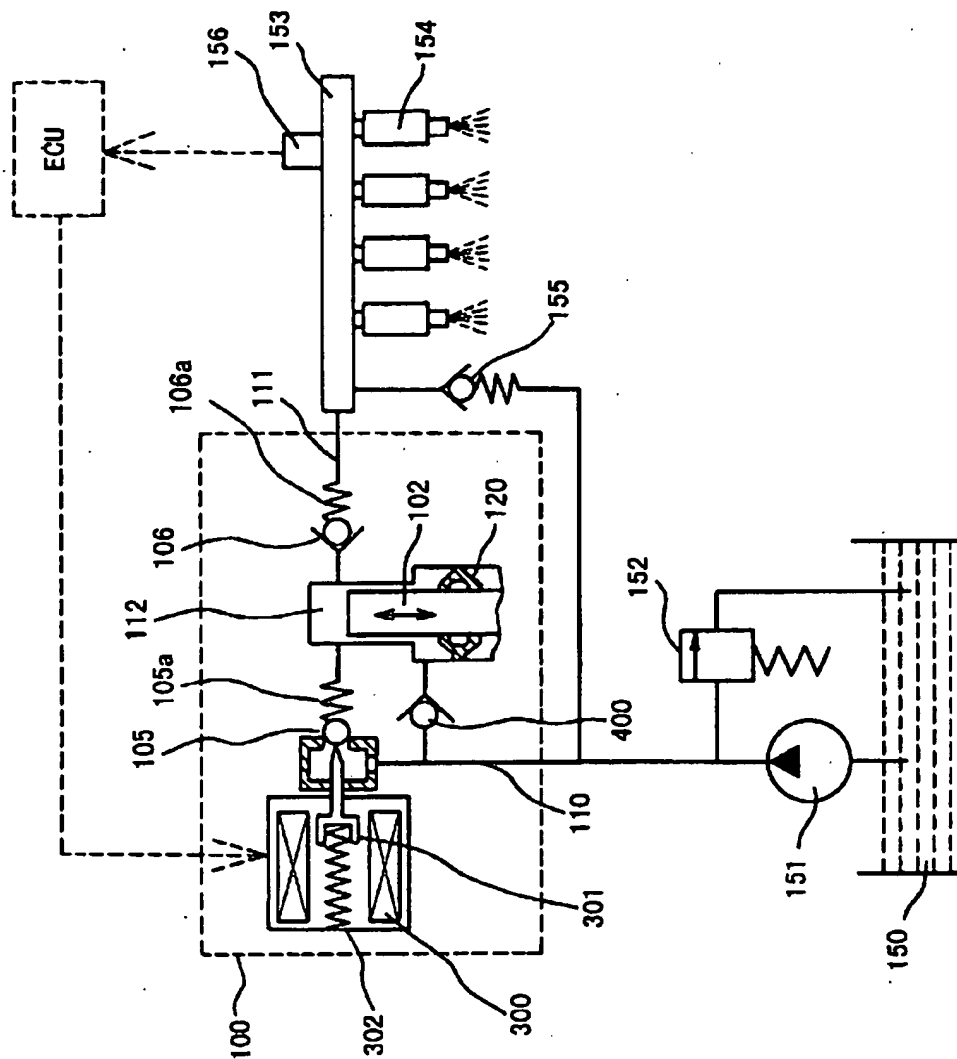
【図 1】

図 1

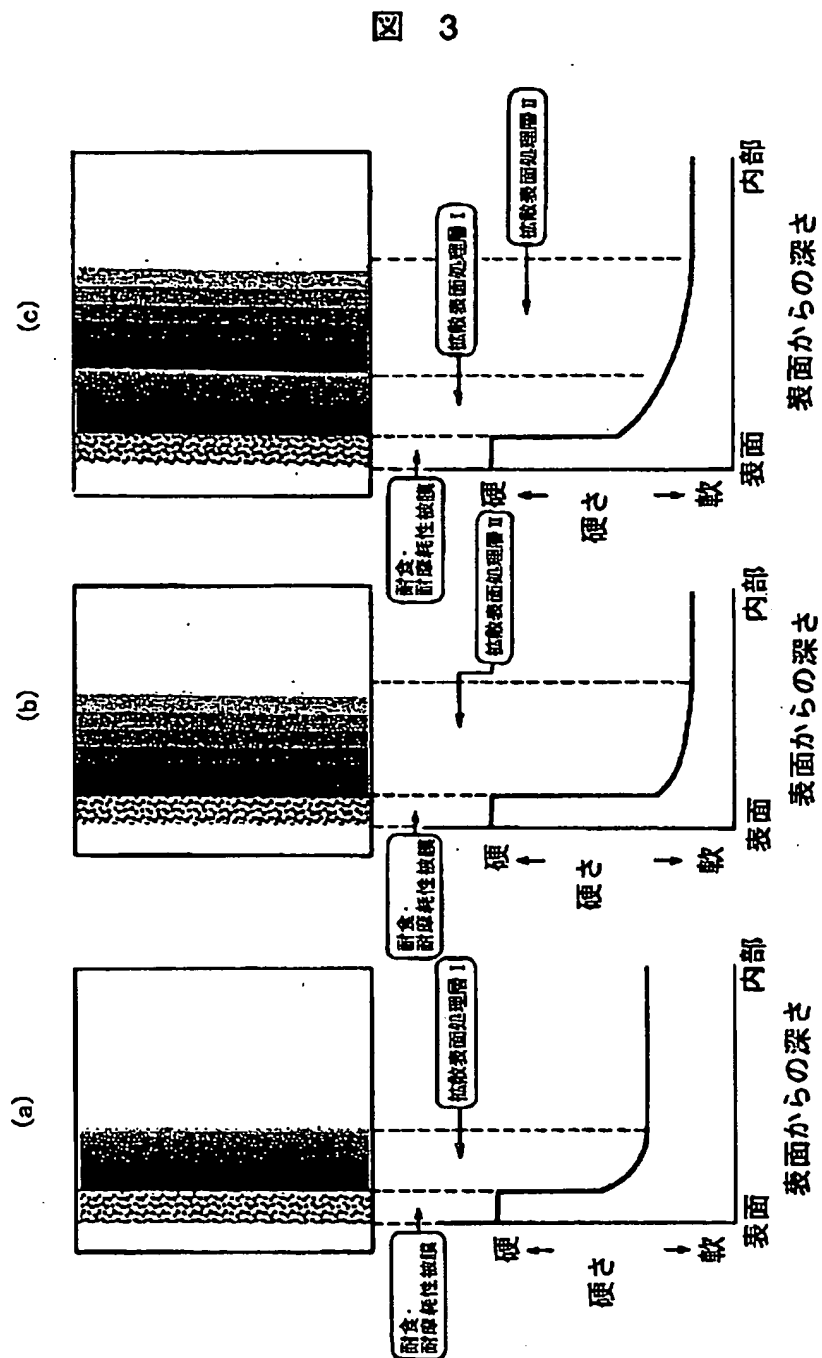


【図 2】

図 2

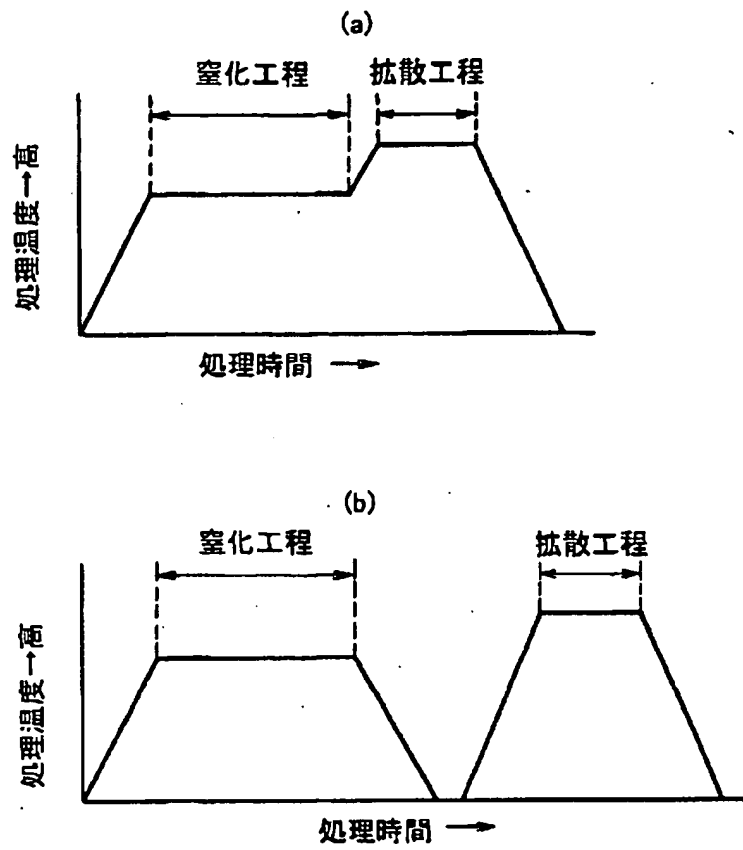


【図3】



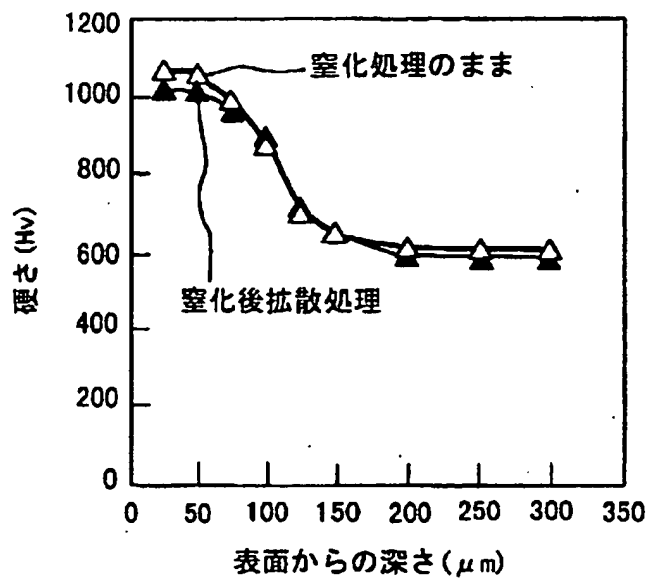
【図4】

図 4

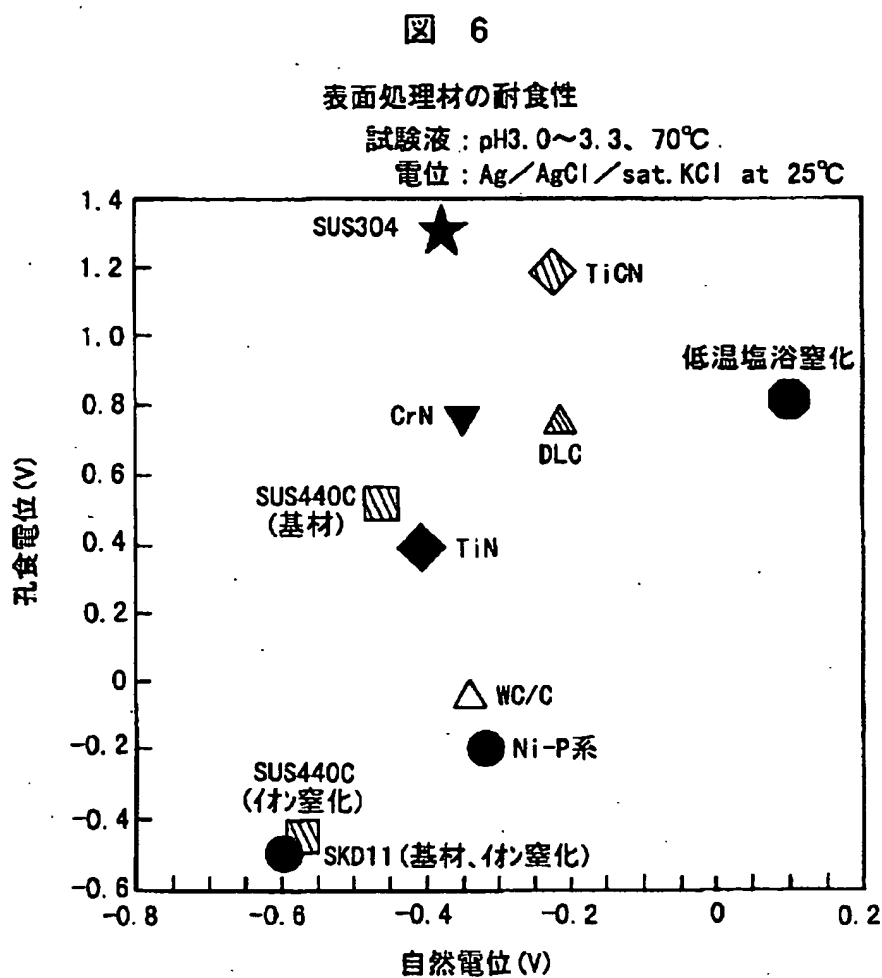


【図 5】

図 5

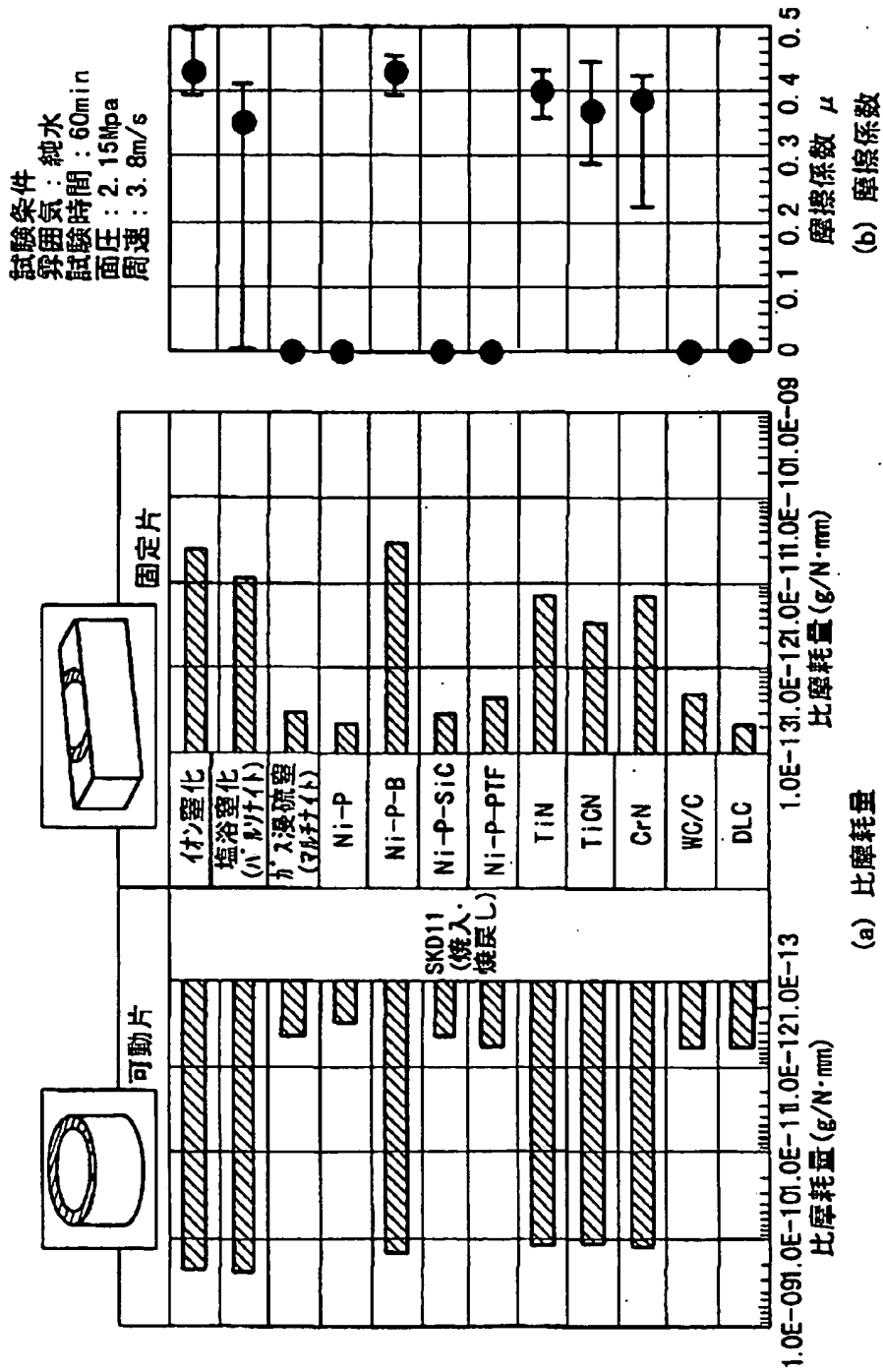


【図 6】

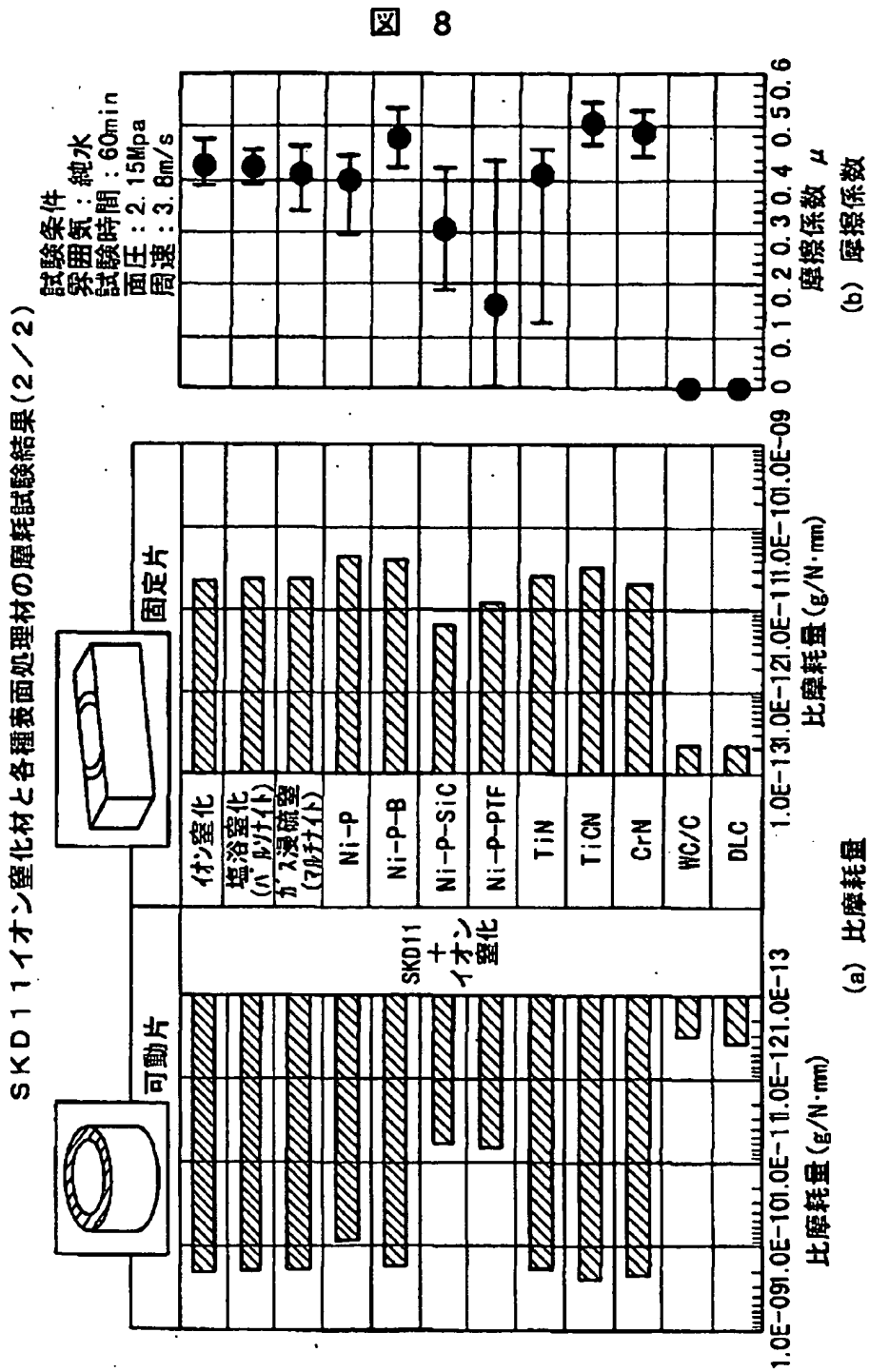


【図 7】

SKD11 材と各種表面処理材の厚耗試験結果 (1/2)

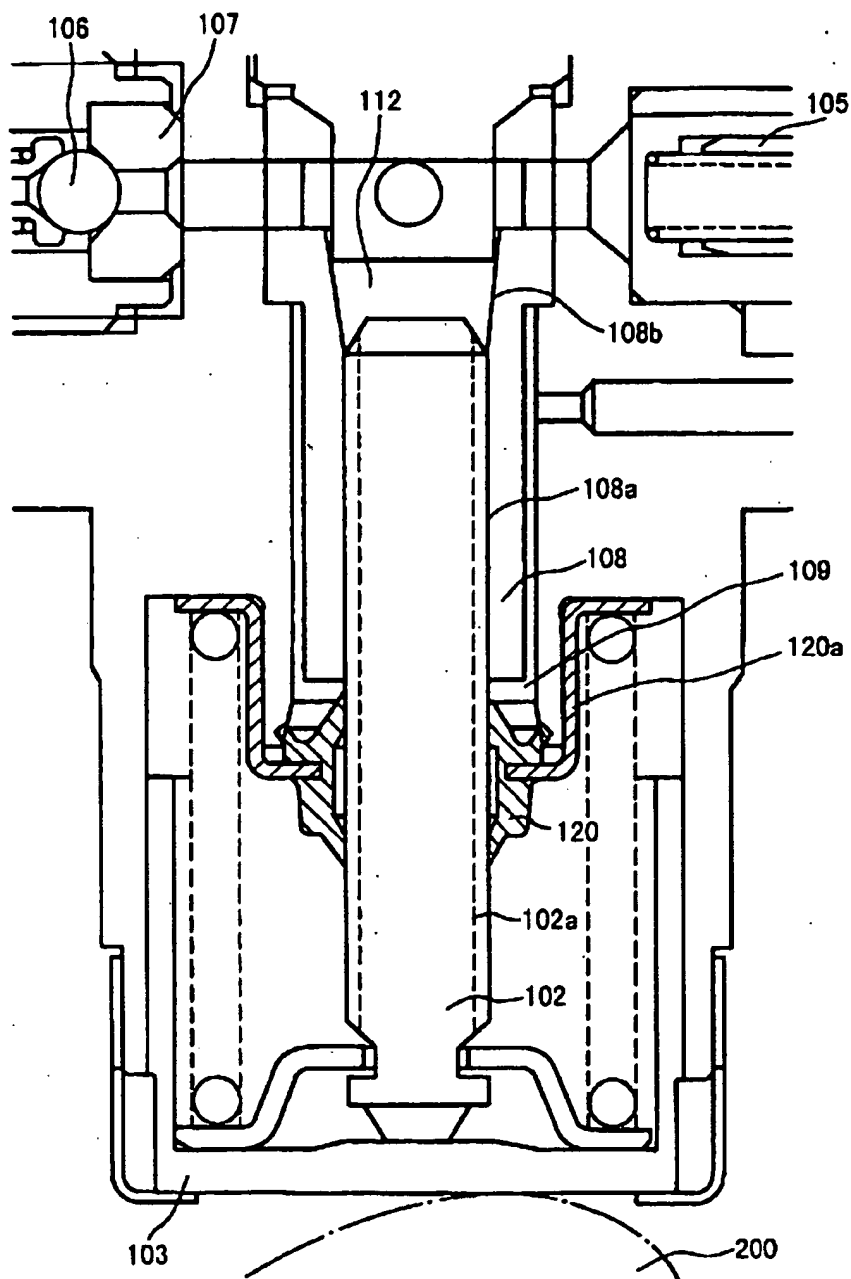


【図8】



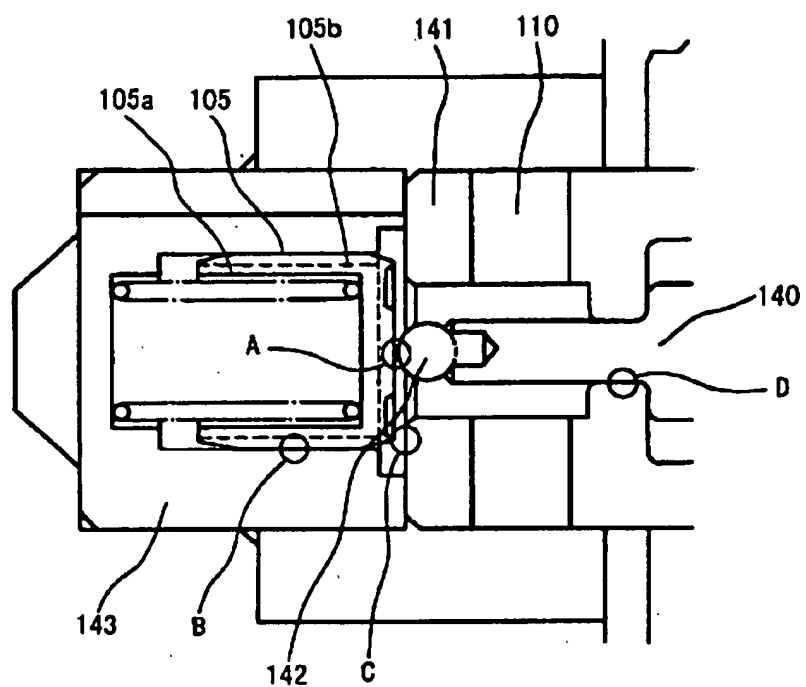
【図9】

図 9



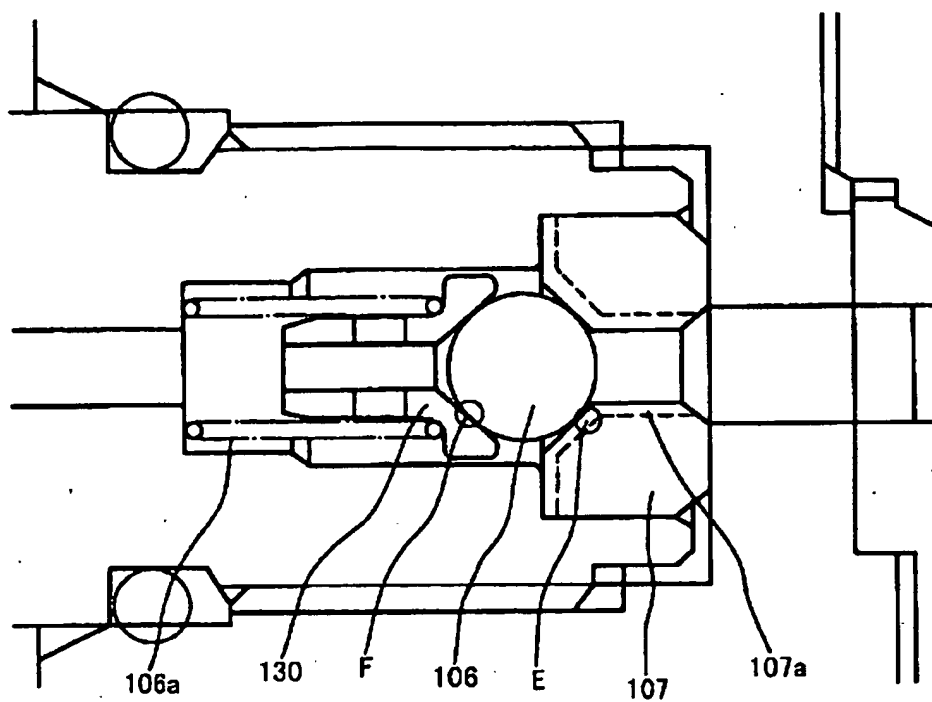
【図 1 0】

図 10



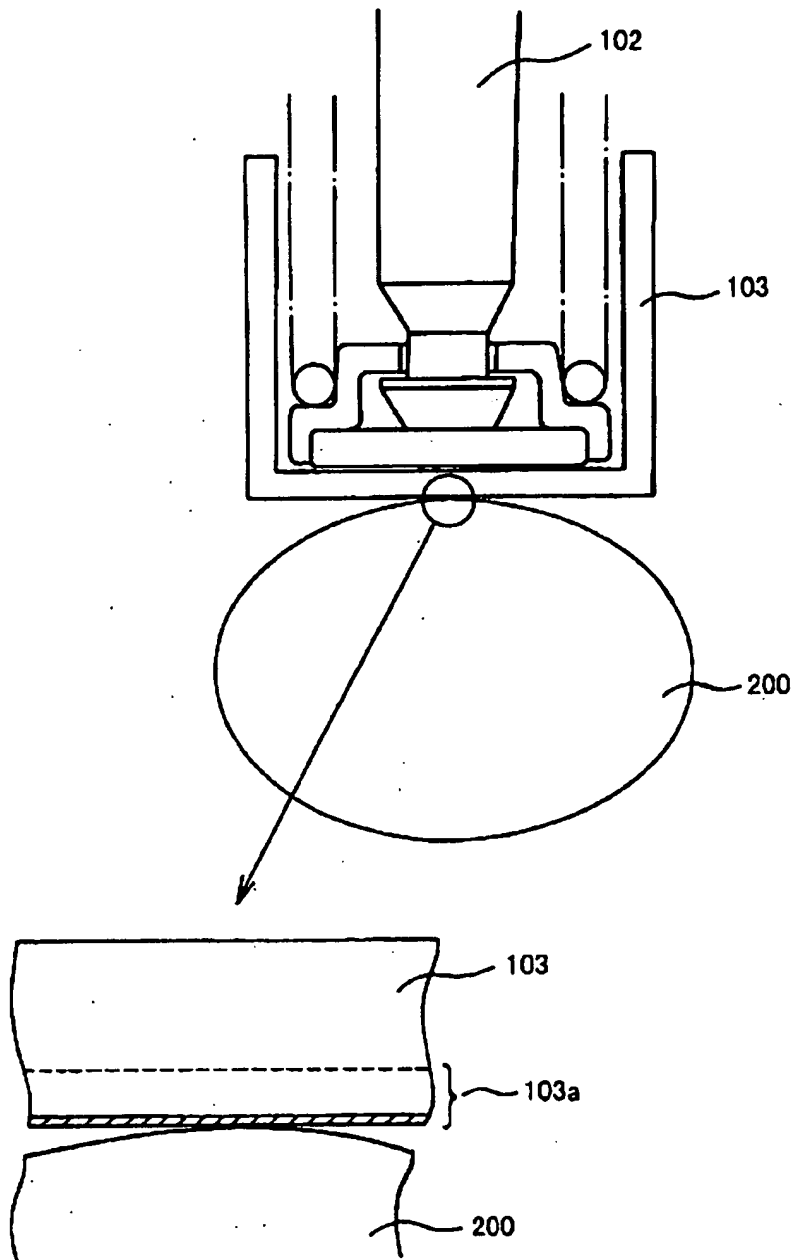
【図 11】

図 11



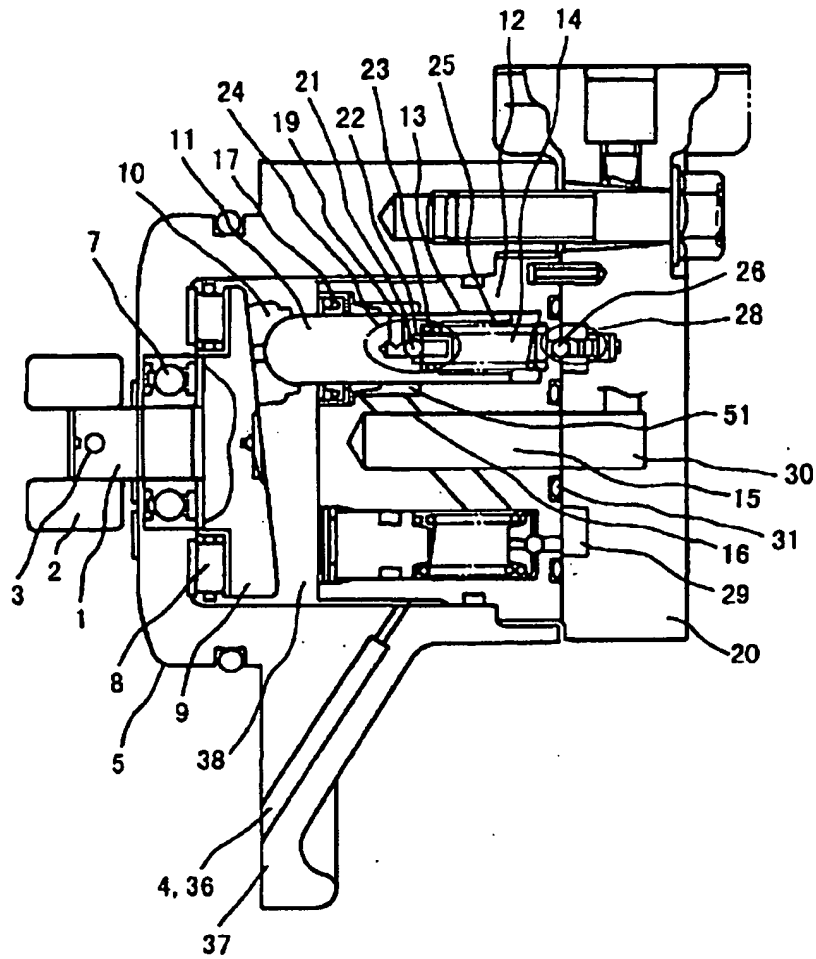
【図12】

図 12



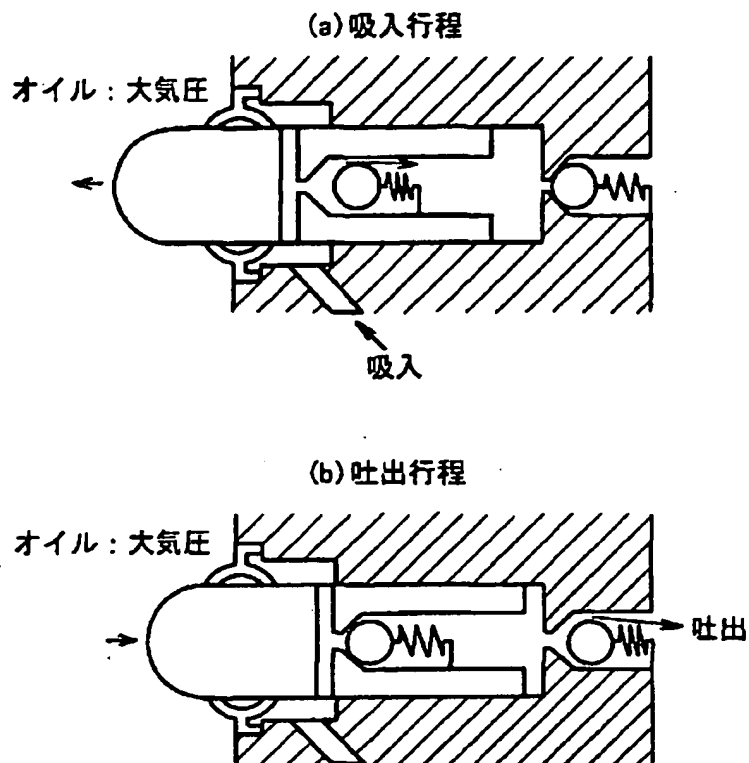
【図13】

図 13



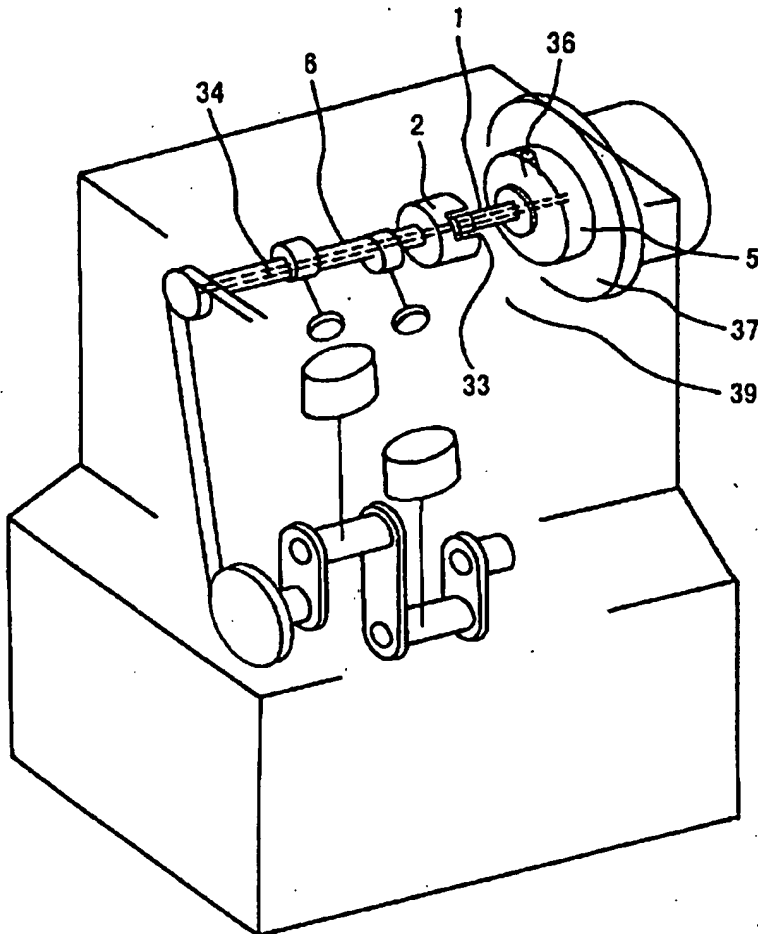
【図14】

図 14



【図15】

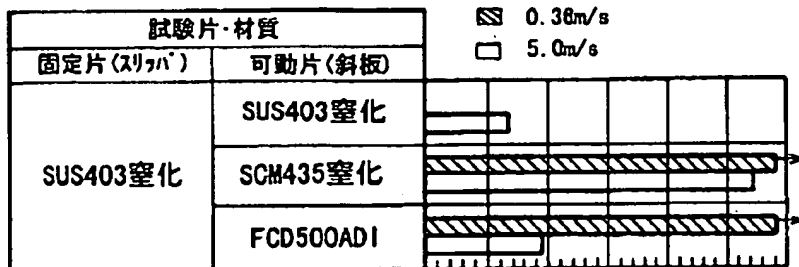
図 15



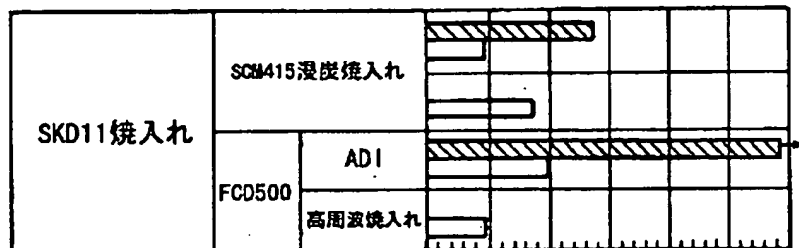
【図16】

図 16

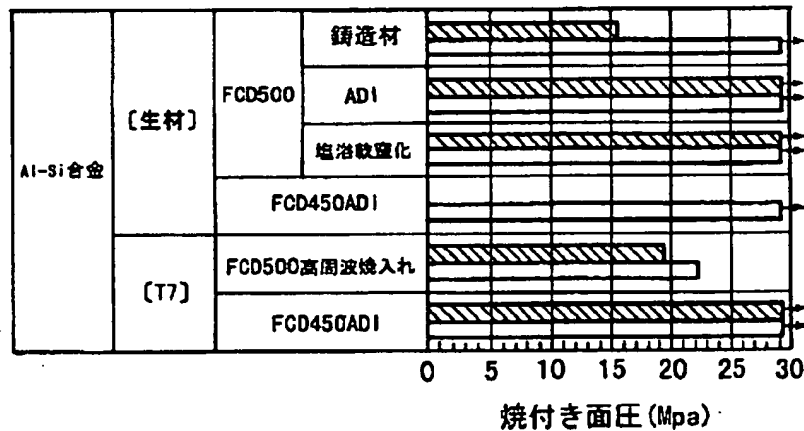
(a)



(b)

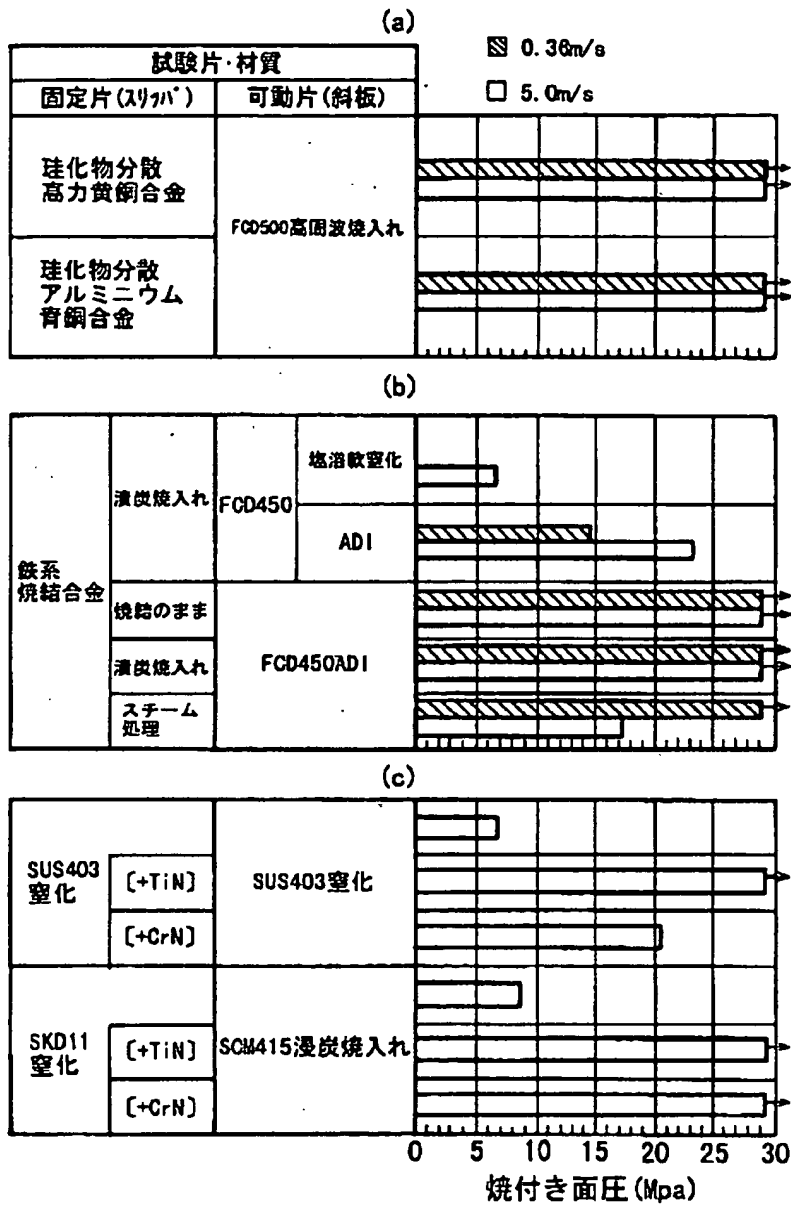


(c)



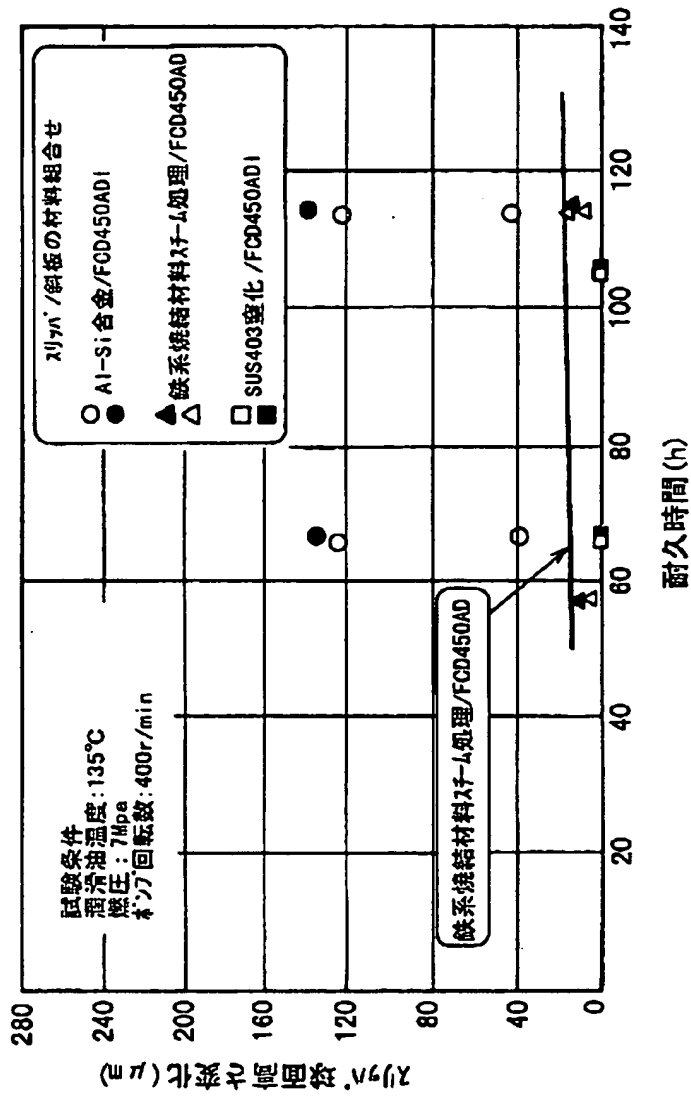
【図17】

図 17



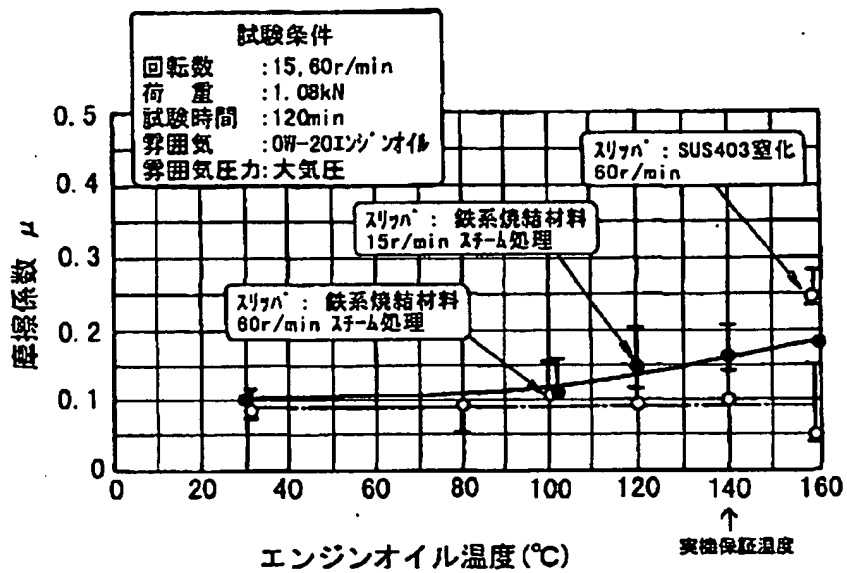
【図 18】

図 18



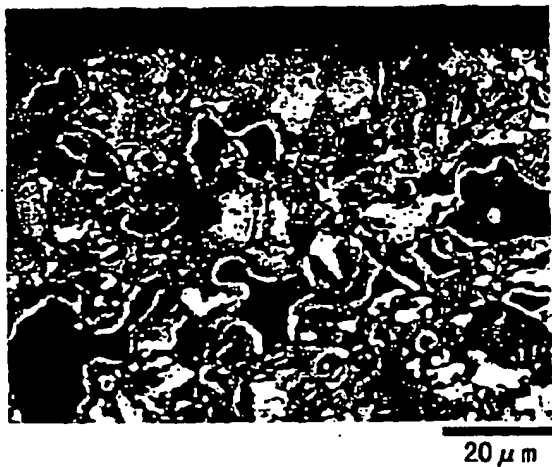
【図 19】

図 19



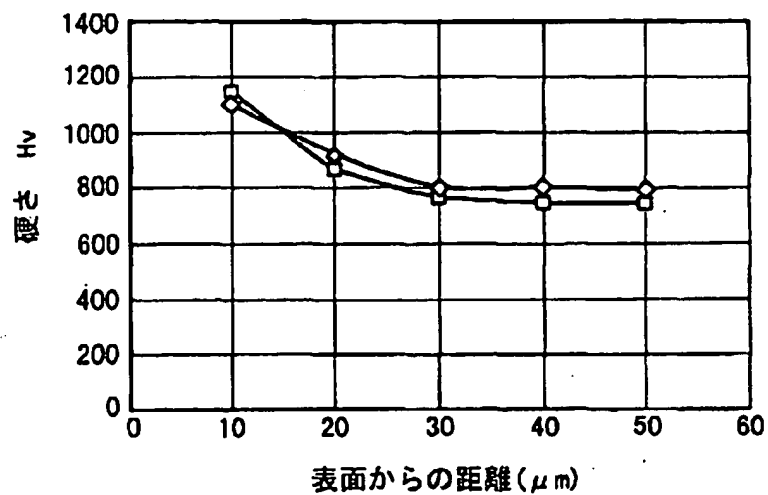
【図 20】

図 20



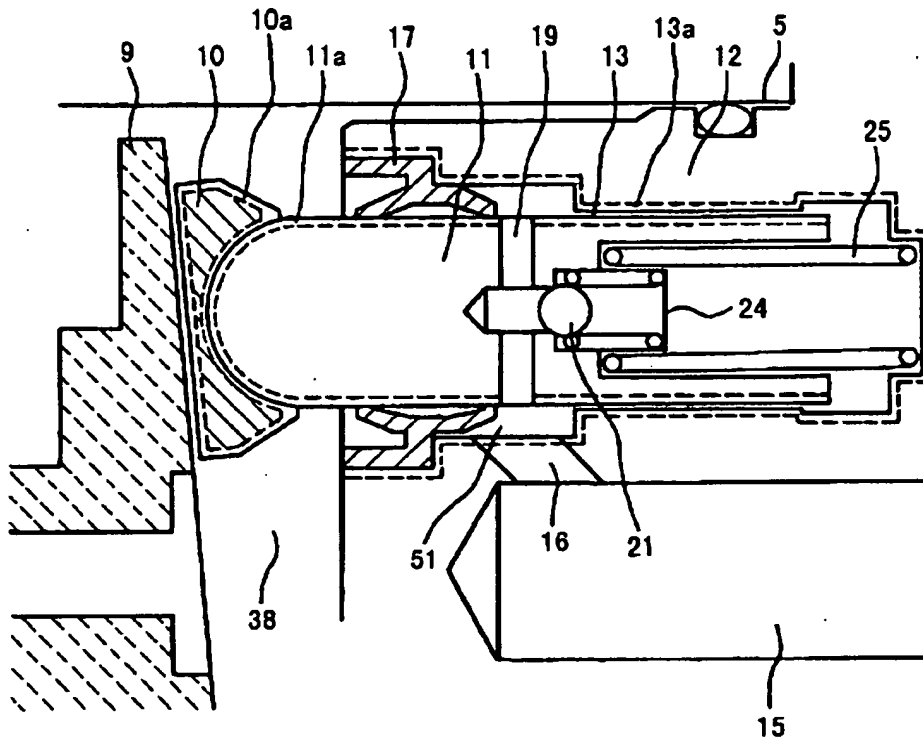
【図 2 1】

図 21



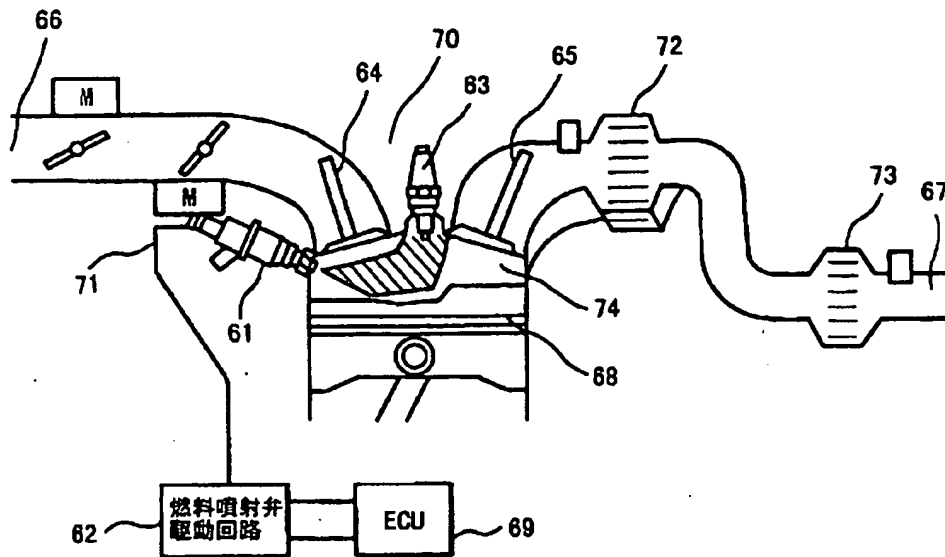
【図 22】

図 22



【図 23】

図 23



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

燃料室内の摺動機構部品が過酷環境下において耐摩耗性の優れた燃料ポンプとそれを用いた筒内噴射エンジンを提供することにある。

【解決手段】

自動車エンジンの燃料噴射弁に燃料を加圧して送給する燃料ポンプにおいて、潤滑油中で摺動する斜板、スリッパ、プランジャと、燃料中で摺動するプランジャ、シリンダとの各摺動部材の互いに接触し上記燃料を介して摺動する少なくとも一方の摺動面に、窒化層、浸炭焼入れ層及び浸炭窒化層のいずれからかなる硬化層、あるいはその硬化層に対して耐食性が高く、硬質な金属化合物層を形成することを特徴とする。

【選択図】 図 1

特2001-345505

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-345505
受付番号	50101661388
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成13年11月13日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年11月12日
-------	-------------

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名	株式会社日立製作所